

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**А.К. Бабіченко, І.Л. Красніков. Ю.А. Бабіченко, В.І. Вельма,
І.Г. Лисаченко, М.О. Подустов, О.М. Дзевочко**

**МІКРОПРОЦЕСОРНІ ЗАСОБИ
В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

За редакцією А.К. Бабіченка

*Рекомендовано центральною методичною радою
Національного фармацевтичного університету
як підручник для студентів вищих навчальних закладів*

ХАРКІВ 2016

УДК 681.5
ББК 32.965-04
М59

Рецензенти:

М.І. Лазарєв, проректор Української інженерно - педагогічної академії, зав. каф. креативної педагогіки і інтелектуальної власності, доктор педагогічних наук, професор

В.Є. Корсун, зав. каф. автоматизації виробничих процесів Харківського національного університету будівництва і архітектури, кандидат технічних наук, доцент

Затверджено ЦМР НФаУ, протокол № 1 від 08.09. 2016 р.

У підручнику розглянуті загальні відомості про мікропроцесорні засоби автоматизації, технічну структуру та функціональний склад автоматизованих систем керування технологічними процесами, принципам побудови мікропроцесорних регуляторів та контролерів. Наведені схеми зовнішніх з'єднань апаратної частини мікропроцесорних засобів автоматизації та висвітлені основні функціональні блоки бібліотеки алгоритмів контролерів, необхідних для створення FBD і ФАБЛ-програм. Надана інформація проілюстрована прикладами застосування функціональних блоків в процесі конфігурування систем керування.

Підручник призначено для студентів спеціальності "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології". Може бути корисним для студентів спеціальностей технології фармацевтичних виробництв та біотехнології, а також хіміко-технологічного і теплоенергетичного напрямку підготовки.

Мікропроцесорні засоби в автоматизованих системах керування технологічними процесами / [Бабіченко А.К., Красніков І.Л., Бабіченко Ю.А., Вельма В.І., Лисаченко І.Г., Подустов М.О., Дзевочко О.М.]; за ред. А.К. Бабіченка. – Х.: Вид-во ТОВ "Водний Спектр Джі-Ем-Пі", 2016 р. – 440 с.

© А.К. Бабіченко
І.Л. Красніков
Ю.А. Бабіченко
В.І. Вельма
І.Г. Лисаченко
М.О. Подустов
О.М. Дзевочко

ISBN 978-617-7445-00-4

© ТОВ "Водний Спектр Джі-Ем-Пі"

ВСТУП

Інтенсифікація промислового виробництва пов'язана із створенням високоефективних автоматизованих систем керування технологічних процесів (АСКТП). Вона призначена для формування і реалізації керуючих функцій для впливу на технологічний об'єкт керування (ТОУ) згідно прийнятому критерію керування, що характеризує якість роботи ТОУ і приймає певні значення у залежності від керуючих функцій. Основна задача керування ТОУ за допомогою АСКТП полягає у забезпеченні екстремального значення критерію керування за певних обмежень по параметрам функціонування. Вирішення основної задачі керування здійснюється згідно функціональної структури АСКТП (рис. В1), яка передбачає три ієрархічні рівня з метою реалізації інформаційних і керуючих функцій.

На нижньому ієрархічному рівні виконуються задачі централізованого контролю і безпосереднього цифрового керування. При цьому реалізуються інформаційні функції АСКТП, що забезпечують збір інформації з датчиків, визначення величин параметрів, фільтрацію завад, перетворення і зберігання інформації про стан ТОУ, розрахунок параметрів по математичним моделям, що не підлягають прямим вимірюванням, виявлення відхилень технологічних параметрів від регламентних значень, контроль і прогнозування передавальних ситуацій, розрахунок техніко-економічних показників, створення і оперативне ведення бази даних системи. Цей рівень також передбачає виконання керуючих функцій АСКТП, що забезпечують реалізацію режиму функціонування ТОУ шляхом формування керуючих впливів на виконавчі пристрої ТОУ за допомогою регуляторів.

На середньому ієрархічному рівні АСКТП реалізуються керуючі функції, що забезпечують оптимізацію окремих технологічних відділень і процесів, а також адаптацію структури і параметрів настроювання регуляторів до зміни динамічних властивостей ТОУ.

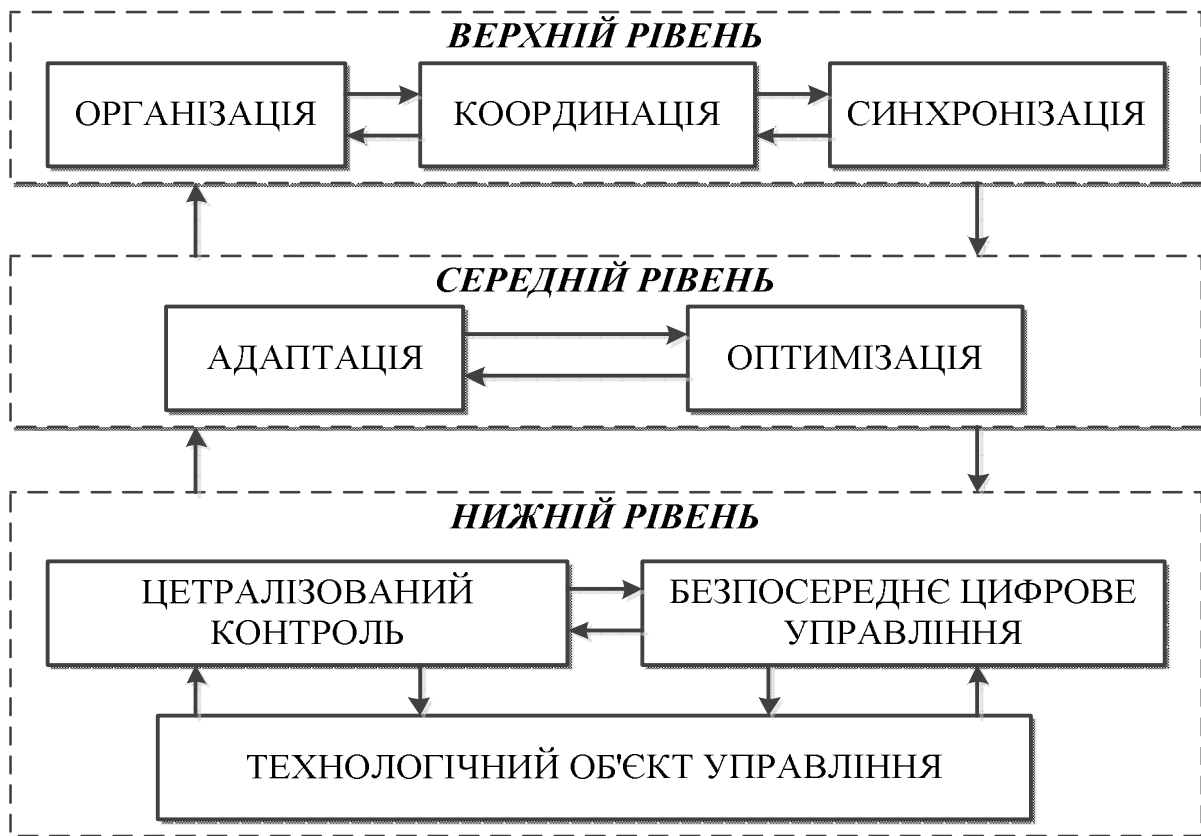


Рис. В1. Функціональна структура АСКТП.

На вищому рівні ієрархії вирішуються задачі по організації, синхронізації і координації взаємодії технологічних операцій та обладнання. Організація передбачає виконання комплексу операцій по плануванню технологічного процесу, що забезпечує ефективно завантаження обладнання і здійснення планових завдань з максимальною швидкістю. Синхронізація містить комплекс дій по забезпеченню збігу часу завершення і початку операції послідовних технологічних процесів у відповідності з необхідним режимом роботи виробництва. Координація забезпечує доцільність паралельного функціонування окремих технологічних процесів з метою досягнення максимальної ефективності виробництва.

Застосування мікропроцесорних засобів (МЗ) для управління ТОУ сприяє можливості реалізації розподіленої технічної структури АСКТП, яка передбачає створення територіально розподілених по технологічним дільницям ТОУ автономних мікропроцесорних лока-

льних підсистем керування. При цьому всі локальні підсистеми об'єднуються у єдину систему за допомогою загальної мережі передачі даних. Це забезпечує підвищення надійності розподіленої структури АСКТП за рахунок резервування кожної окремої локальної підсистеми через загальну мережу шляхом програмного забезпечення, яке об'єднує у ціле усі елементи розподіленої технічної структури.

Реалізація такої складної ієрархічної структури та перелічених вище функцій стало можливим лише з розвитком мікропроцесорних засобів, що забезпечують виконання наступних операцій:

- компенсація програмним шляхом недоліків датчиків (нелінійність характеристики, наявність зони нечутливості і зсуву нуля);
- обмеження значень вихідних параметрів регулювання технологічного процесу по математичній моделі за відсутності необхідних датчиків;
- розрахунок в автоматичному режимі оптимальної структури і параметрів настроювання регуляторів в умовах зміни динамічних властивостей об'єкта керування;
- реалізація ефективних алгоритмів керування за рахунок швидкої перебудови програмним шляхом при зміні динаміки об'єкта, технології виробництва чи ситуації в ході технологічного процесу;
- реєстрація в процесі керування об'єктом не тільки існуючого, але і його попереднього стану, завдяки наявності значної пам'яті мікропроцесорних засобів, що суттєво для аналізу при проведенні дослідницьких робіт.

Мікропроцесор (МП) є базовим елементом МЗ. У ньому втілена надзвичайно перспективна ідея реалізації програмуємого цифрового пристрою, що має властивості процесора електронної обчислювальної машини (ЕОМ), за мінімальної кількості великих інтегральних схем (ВІС). У МП об'єднані універсальні можливості засобу програмування з перевагами і можливостями, які надає технологія ВІС. Завдяки базовості МП, отриманими новими якостями володіють і ті засоби, до яких входить хоча б один МП. Особливо це стосується про-

грамованих логічних контролерів (ПЛК), широке використання яких у розподілених АСКТП дозволяє забезпечити головну перевагу централізованих систем – вільне програмування і точність, та одночасно зберегти їх високу надійність. Тому більшість сучасних систем АСКТП базується на високонадійних і легко програмованих ПЛК та індустріальних комп'ютерах (ІК). ПЛК і ІК пристосовані до роботи безпосередньо у виробничих умовах і відрізняються тим, що ІК більш ефективно вирішують задачі обробки і візуалізації великих обсягів інформації на верхніх рівнях складних інтегрованих систем керування, а ПЛК орієнтовані в основному на безпосереднє керування промисловим об'єктом.

Поява на сьогодні великої кількості моделей ПЛК з різноманітними технічними характеристиками викликає необхідність викласти у доступній формі деяких, найбільш розповсюджених на підприємствах України мікропроцесорних засобів програмного керування.

Навчальний посібник написаний на основі досвіду викладання на кафедрі «Автоматизації хіміко-технологічних систем та екологічного моніторингу» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», кафедрі «Теплотехніки і теплових двигунів» Українського державного університету залізничного транспорту та на кафедрі «Процеси і апарати хіміко-фармацевтичних виробництв» таких дисциплін як «Автоматизовані системи керування технологічними процесами», «Технічні засоби автоматизації» та «Промислові мережі».

Автори висловлюють вдячність рецензентам М.І. Лазареву і В.Є.Корсуну за цінні зауваження які сприяли покращенню якості підручника.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МІКРОПРОЦЕСОРНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Класифікація та основні визначення мікропроцесорних засобів

Мікропроцесор (МП) – це програмно-керований пристрій, призначений для обробки цифрової інформації і керування процесом обробки, реалізований на одній чи декількох інтегральних схемах (ВІС).

Велика інтегральна схема (ВІС) – це напівпровідниковий прилад, у якого на одній пластині з напівпровідникового матеріалу площиною у декілька квадратних міліметрів розміщено до мільйона та більше компонентів: діодів, транзисторів, резисторів, конденсаторів, з'єднаних поміж собою деяким наперед заданим способом.

Мікропроцесор як програмно-керована ВІС на відміну від звичайних ВІС містять у своєму складі керуючі елементи, що дозволяють налаштувати її на виконання будь-яких функцій, тобто на реалізацію потрібної залежності між вхідною і вихідною послідовностями електричних сигналів. Отже, незважаючи на те, що МП володіє властивостями процесора ЕОМ, його не слід вважати тільки елементом обчислювальної техніки. Основна функція МП – перетворювати інформацію, тобто його слід віднести до однієї з груп елементів (пристроїв), що входять до технічних засобів системи автоматичного регулювання та керування. МП сам по собі не здатен реалізувати переробку інформації для вирішення окремої задачі, а необхідно з'єднати з іншими пристроями, здійснити програмування і забезпечити обмін інформацією з цими пристроями. До цих пристроїв входять, як мінімум, запам'ятовуючі пристрої (ЗП) і пристрої вводу-виводу (ПВВ). Отже МП – це стандартний (оскільки це ВІС) універсальний (оскільки воно програмоване) пристрій, що дозволяє забезпечити прийом, обробку і передачу цифрової інформації.

Мікропроцесорна система (МПС) – це сукупність взаємопов'язаних пристроїв, що містять один чи декілька МП, пам'ять,

пристрої вводу-виводу та низку інших, необхідних для виконання визначених функцій.

МікроЕОМ (МЕОМ) – це конструктивно завершена МПС, до складу якої входять пристрої зв'язку із зовнішніми пристроями, панель керування, внесене джерело живлення і комплект програмного забезпечення.

Мікроконтролер (МКО) – це мікропроцесорний пристрій для виконання функцій логічного аналізу (складні послідовності логічних операцій) та керування.

Мікропроцесорна автоматична система (МПАС) становить собою автоматичну систему з вмонтованими до неї засобами мікропроцесорної техніки (МТ). Структура і взаємозв'язок основних засобів МТ у межах МПАС наведені на рис.1.1, де акцент зроблено на структуру властивості засобів МТ, зокрема відображено модульність і магістральність.

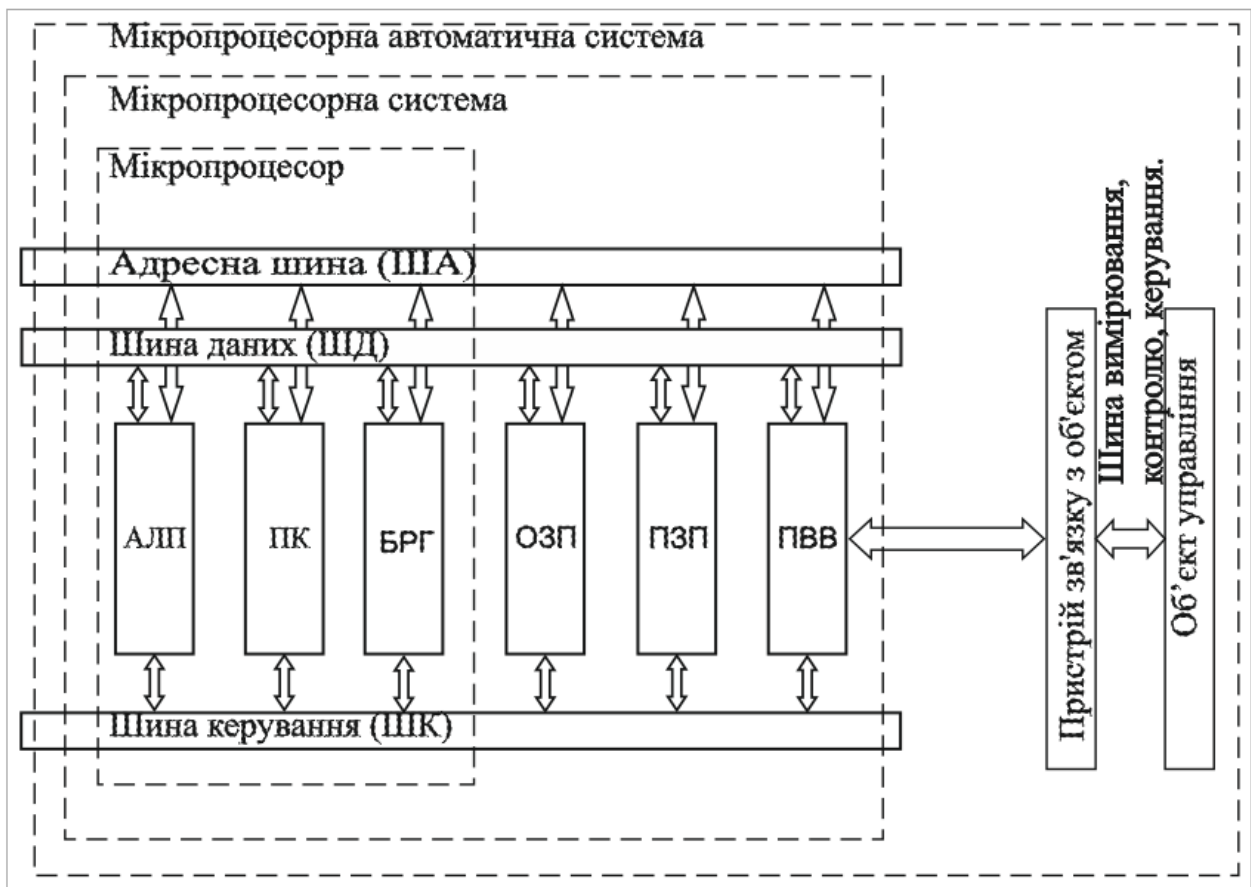


Рис.1.1. Технічна структура і взаємозв'язок основних засобів МТ у рамках МПАС.

Згідно рис. 1.1 до складу МП входять арифметико-логічний пристрій АЛП, пристрій керування ПК і блок регістрів БРГ, який містить такі регістри: акумулятор, адреси, прапорові, стану, програмний лічильник, загального призначення та ін. МП є складовою частиною МПС та МПАС. До складу МПС окрім МП (одного чи декількох) входять оперативний і постійний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП і ПЗП), пристрої вводу-виводу (ПВВ) та ряд інших пристроїв (на схемі не показані). Взаємодія частин МПАС здійснюється за допомогою шин (внутрішній інтерфейс) адреси (ША), даних (ШД) і керування (ШК), що зв'язують у єдину систему компоненти МПС, а також шин вимірювання, контролю і керування, які спільно з відповідними пристроями зв'язку з об'єктом (процесом) забезпечують безпосередньо взаємодію МПС з об'єктом керування чи процесом.

МПС створює можливість реалізації розподілених засобів керування і обробки інформації у рамках МПАС. Розподіленість передбачає насамперед декомпозицію загального алгоритму керування на низку паралельно чи послідовно-паралельно реалізуємих алгоритмів, непов'язаних, на скільки це можливо, один з одним у часі, та, крім того, розподіл у просторі процесів керування і обробки інформації шляхом вводу засобів МТ безпосередньо у датчики, регулюючі, виконавчі та інші пристрої. Характерні властивості МП забезпечують можливість керування окремою одиницею обладнання чи ділянкою технологічного процесу, що обумовлює створення повністю автоматизованих локальних систем і процесів. На рис. 1.2 представлена загальна схема МПАС, у якій акцент зроблено на систему зв'язку з об'єктом.

1.2. Способи представлення інформації для мікропроцесорних засобів

Інформація, що обробляється у МП, може бути як числовою, так і нечисловою. Однак в обох випадках у МП вона представляється однаковою – у вигляді двійкових чисел. Група двійкових цифр, що обробляється одночасно, називаються машинним словом, а кількість

двійкових цифр у слові називається довжиною слова. Отже слово є базовою логічною одиницею інформації для МП.

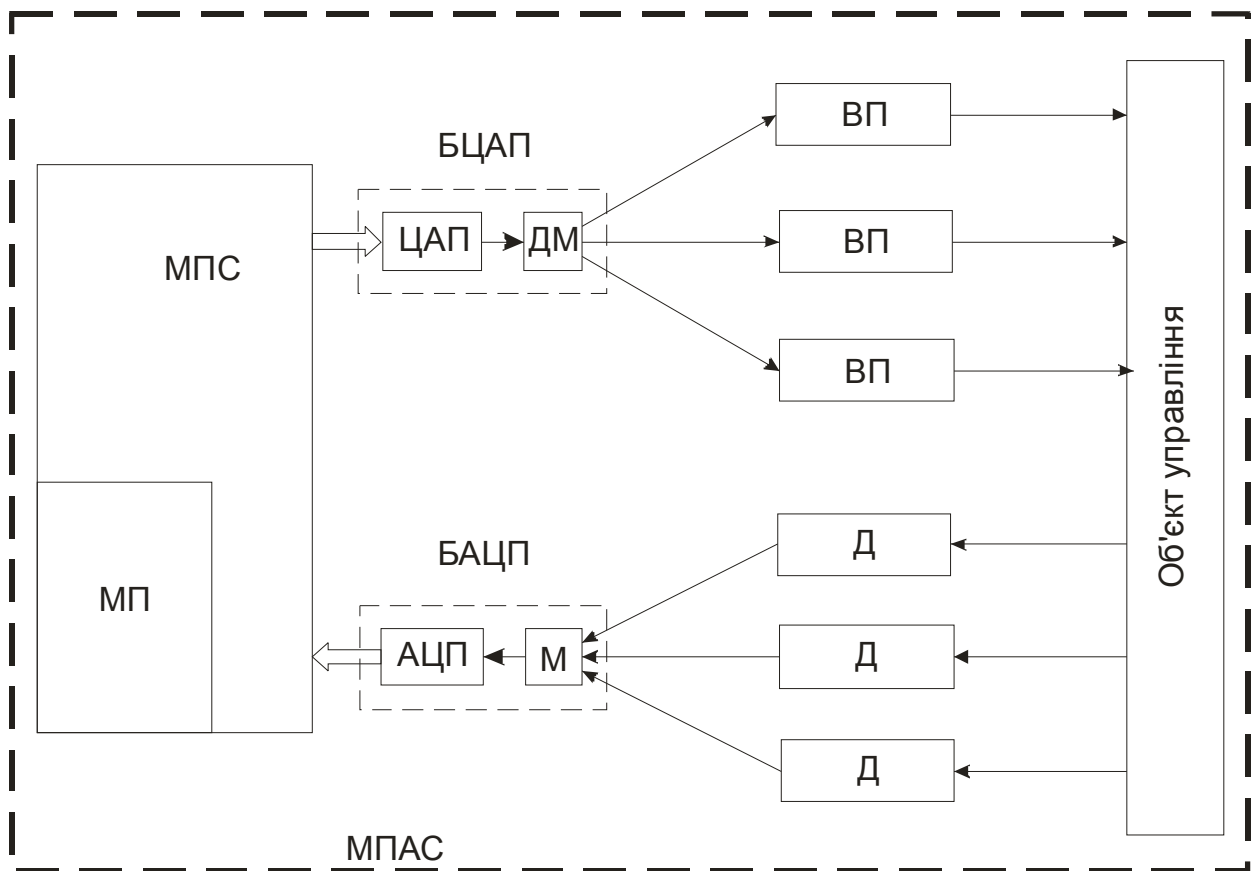


Рис.1.2. Загальна схема МПАС: М – мультиплексор; ДМ – демultipлексор; Д – датчик; ВП – виконавчий пристрій; БЦАП, БАЦП – багатоканальні цифро-аналогові і аналогово-цифрові перетворювачі, що поєднують у собі функції одноканальних ЦАП і АЦП, а також демultipлексорів і мультиплексорів відповідно.

Найменша одиниця інформації – двійковий розряд, яка має спеціальну назву біт. У зв'язку особливої розповсюженості слово довжиною 8 біт має спеціальну назву – байт. Одна з інтерпретацій двійкового числа полягає у величині, що позначається цим числом. Інша полягає у тому, що це двійкове число становить собою деякий код чи команду для виконання окремими вузлами і блоками МПС різних елементарних операцій. Таким чином, інформація, що обробляється МП, ділиться на два види: дані і команди. Вони можуть складатись з одного чи декількох слів. Типова довжина слова 4, 8, 12, 16 двійкових розрядів.

Числові дані (наприклад для 8 – розрядних слів) можуть бути інтерпретовані наступним чином:

як двійкове число із знаком, що має значення від –127 до +127; при цьому від’ємні числа подаються у допоміжному коді, а у старшому розряді розміщується знак числа;

як двійкове число без знаку, що має значення від 0 до 255;

як дві 4 – розрядні групи – тетради, кожна з яких кодує десяткову цифру; таке двійково-десятькове представлення дозволяє закодувати числа від 0 до 99.

Команди інтерпретуються наступним чином. За кількістю комірок пам’яті, необхідних для розміщення однієї команди, відрізняють команди довжиною в одне, два і три слова. Команди довжиною у 2 і 3 слова вимагають для вибірки відповідно два і три цикли звертання до пам’яті. При позначенні команди у ній відводяться спеціальні поля, які визначають тип команди, її довжину і операцію, що підлягає виконанню. При цьому поле – це група розрядів, що має окреме словесне значення і підлягає спільній обробці.

Наприклад, формат команди, що має 4 поля і пов’язаний з обробкою даних, може бути представлений у вигляді:

Тип команди або адреса команди	Код операції	Номери регістрів або адреса операнду	
ТК	КОП	P1	P2

Команда, що пов’язана із зверненням до пам’яті, має 5 полів:

Тип команди	ко-	КОП	Вид операції	Номер регістра	Адреса
-------------	-----	-----	--------------	----------------	--------

Адреса команди вказує, за якої адресою пам’яті зберігається (записана) окрема команда. Код операції однозначно визначає, яку операцію необхідно виконати в АЛП при відпрацьовуванні даної команди. Адресна (регістрова) частина команди призначена для запису

адрес, що вказують, з якої окремої комірки пам'яті необхідно вибрати операнд (наприклад, число) або запису самих операндів.

Способи адресації (режими адресації) забезпечують доступ до операндів, що зберігаються в ОЗП системи та / або усередині МП (надоперативний запам'ятовуючий пристрій), а також відіграють значну роль в організації керування ходом виконання програми. Для адресації найбільш характерні наступні способи: неявна, регістрова, пряма і безпосередня.

Неявна адресація – це коли адреса операнду неявно задається у КОП команди. При цьому операнд знаходиться у визначеному внутрішньому регістрі МП і його спеціальна адресація стає непотрібною. За неявною адресацією формат команди – однобайтовий.

Регістрова адресація – це коли операндом є вміст вказаного в команді регістру РЗП, адресуємого у команді. Формат команди – однобайтовий.

Пряма адресація – це найбільш простий спосіб, коли в команді задається одразу дійсна адреса. За такою адресації формат команди трьохбайтовий і є найбільш неекономним.

Безпосередня адресація використовується у разі необхідності включення в програму фіксованих операндів (констант, кодів символів і т.п.). Формат команди за такого способу може бути як двобайтовим так і трьохбайтовим.

1.3. Типові логічні елементи і вузли мікропроцесорів й мікропроцесорних систем

Фізичні компоненти і схеми, що утворюють МП і МПС – це їх апаратна частина, яка здатна виконувати тільки обмежений набір елементарних операцій. Усі інші функціональні можливості досягаються програмним шляхом, тобто за допомогою відповідної організації деякої сукупності і послідовності виконання елементарних машинних операцій. Незважаючи на те, що у МП апаратні засоби підпорядковані програмним, проте як ті, так і інші знаходяться у повній

залежності розробника. Тому нижче розглянуті їх окремі можливості.

Апаратна частина МП і МПС становить собою сукупність типових логічних вузлів, що багатократно повторюються, тобто складаються зі схем типових логічних елементів. До типових логічних схем входять тригери, регістри, лічильники, підсумовувачи, дешифратори, мультиплексори, системи шин, запам'ятовуючі пристрої та ін.

У залежності від способів перетворення інформації частини цих вузлів може бути класифікована як комбінаційні схеми, за допомогою яких виконуються арифметичні і логічні операції над двома багаторозрядними словами. Такі комбінаційні схеми характеризуються відсутністю пам'яті. Іншу частину утворюють послідовні схеми, що здійснюють операції зберігання, зсуву, лік і передачу інформації. Послідовні схеми містять запам'ятовуючі елементи (ЗЕ). Функціональні можливості МП визначаються в основному його комбінаційною частиною, яка є основою АЛП.

Застосування принципу магістральності у МП за допомогою шин забезпечує зменшення кількості з'єднань у системах. Шини – це загальні інформаційні канали, що використовуються багатьма пристроями у системі. Взагалі інформація по шинах передається у вигляді слів, що становлять собою групу бітів. Окремі біти слова можуть передаватися по окремим лініям у шині, або передаватися і по лише єдиній лінії послідовно у часі. У першому випадку шини прийнято називати паралельними, а у другому – послідовними. Отже шина – це лінія чи набір ліній, що з'єднують між собою окремі логічні пристрої і дозволяють деякому пристрою надсилати дані одному або декільком іншим пристроям.

Шина може бути однонапрямленою і у такому разі одні пристрої завжди будуть у якості відправника, а інші – у якості приймача. У випадку двонаправленої шини кожний пристрій, підключений до неї, у якийсь момент може надсилати сигнали іншим пристроям. З технічної точки зору спосіб обміну інформацією за допо-

могою шин обумовлює створення двонаправлених буферних каскадів з трьома усталеними станами і реалізацію часового мультиплексування каналів обміну. Прикладами фізичної реалізації шин є: шина спеціального виконання, що складається з гнучких дротів, і шина, виконана у вигляді друкарської схеми. У будь-який момент часу, знаючи логічний стан шини, можна повністю визначати шлях, який проходять дані у системі від одного пристрою до іншого.

Для мікропроцесорних систем найбільш прийнятною є архітектура з трьома шинами: адресною, даних і керування. Адресна шина завжди є однонапрямленою (відносно МП). Проте за прийнятою шинною організацією як усередині кристалу, так і при підключенні декількох БІС до однієї зовнішньої шини виникають труднощі, що обумовлені способами зв'язку декількох елементів з однією лінією загальної шини.

Можливість підключення до шини декількох входів логічних елементів обмежується лише навантажувальною здатністю схем, до виходу яких ця шина приєднана. За умови використання потужних буферних схем навантажувальна здатність виявляється достатньою для більшості практичних випадків застосування шинної організації. Підключення виходів декількох елементів до однієї шини може бути здійснено одним з трьох способів: логічне об'єднання, об'єднання за допомогою схем з відкритим колектором («монтажна логіка») та об'єднання з використанням схем з трьома станами. При цьому за умов організації внутрішніх шин МП, як правило, використовується логічне об'єднання і об'єднання за допомогою схем з відкритим колектором, а у разі організації зовнішніх по відношенню до МП магістралей, як правило, використовується логіка з трьома станами.

У залежності від тривалості збереження інформації всю пам'ять послідовної частини МП та МПС поділяють на оперативну та постійну. Основні характеристики систем пам'яті і конкретних інтегральних схем пам'яті є наступні: інформаційна ємність пам'яті, яка визначається максимально можливою кількістю бітів зберігаємої інформації; ширина вибірки (розрядність), що визначається кількістю

інформації (розрядів) і записується у запам'ятовуючий пристрій (ЗП) чи витягається з нього за одне звернення; час звернення (швидкодія), що кількісно характеризується декількома часовими параметрами, серед яких можна виділити у якості узагальнюючого параметра час циклу звернення до ЗП, тобто циклу зчитування (запису) від моменту надходження коду адреси до завершення всіх процесів (у мікросхемі) при зчитуванні (записі) інформації; споживча потужність, що вказується виходячи з розрахунку на один біт і може бути різною для режимів зберігання і звернення.

Важливою характеристикою ЗП є його здатність зберігати інформацію при відключенні живлення, тобто є він енергозалежним чи енергонезалежним.

Оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП), який також називають пам'яттю з довільним доступом, аббревіатура RAM (Random Access Memory), являє собою енергозалежний пристрій, в який у будь який час можна записати інформацію та у довільний момент часу прочитати дані з нього.

У залежності від способу збереження інформації всі ОЗП підділяються на статичні (SRAM) і динамічні (DRAM). У статичних ОЗП елементом збереження інформації є тригер, а в динамічних – конденсатор, тривале збереження інформації в яких забезпечується за допомогою режиму регенерації, що компенсує струми витоку в конденсаторі і що повторюється через кожні декілька мілісекунд. Пам'ять SRAM дорожче, ніж DRAM, тому для збереження великих об'ємів інформації використовують DRAM, а як швидкодіючу пам'ять – застосовують SRAM.

Для збереження незмінних у процесі використання керуючих програм, програм обробки даних, констант та інших даних застосовується постійна пам'ять, технічною реалізацією якої є постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП). До постійних запам'ятовуючих пристроїв відносяться всі пристрої пам'яті, що зберігають записану інформацію при відключенні електроживлення і тому ПЗП називають енергонезалежною пам'яттю.

На початкових етапах розвитку комп'ютерної техніки вважалося, що ОЗП призначені тільки для тимчасового збереження інформації, а з ПЗП в процесі експлуатації дані можна тільки прочитати. На даний час ситуація кардинально змінилася. Значне зниження енергоспоживання ОЗП і поява сучасних економічних акумуляторів призвели до того, що в багатьох мікропроцесорних керуючих пристроях промислового призначення почали ефективно використовувати ОЗП з підживленням на таких акумуляторах. З іншого боку, значно розширилося поняття ПЗП. Нижче перераховані основні типи ПЗП:

- ПЗП типу ROM з так званим масочним програмуванням у виробника за картою (маскою) замовника – пам'ять тільки для читання;
- ППЗП типу PROM – ПЗП, що однократно програмується користувачем;
- УФ ППЗП (EPROM) – перепрограмований ПЗП, – тобто ПЗП, що програмується користувачем з можливістю стирання інформації ультрафіолетовим випромінюванням на спеціальному пристрої, для чого ППЗП на час стирання необхідно витягти зі схеми;
- ЕС ППЗП (EEPROM) – теж програмується користувачем, але з електричним стиранням без витягу ППЗП зі схеми.

З перерахованих типів ПЗП в МП-пристроях промислового призначення найбільш широко застосовуються ПЗП типу PROM і EPROM.

ПЗП типу ROM і PROM широко застосовуються в пристроях керування технологічним устаткуванням і різними установками та приладами промислового і побутового призначення, що випускаються масово чи великими опціями й алгоритми функціонування яких протягом життя цього устаткування не змінюються.

ПЗП типу PROM є основним типом пам'яті, яка використовується в промисловості для надійного збереження керуючих програм і оперативного їх коректування при модернізації устаткування чи внесенні змін у керований технологічний процес. А ОЗП з підживленням у керуючих системах промислового призначення використову-

ються, як правило, на етапі промислового освоєння керованого технологічного процесу і налагодження керуючих програм. Тому в багатьох МП-пристроях промислового призначення мікросхеми ОЗП і ППЗП не впаюються в печатні плати, а встановлюються в легко доступні для обслуговування роз'єми.

Значним досягненням у галузі напівпровідникових ППЗП стала так звана флеш-пам'ять, що представляє собою ППЗП з електричним стиранням інформації і який виготовлено за спеціальною технологією «Flash», розробленою фірмою Intel. Флеш-пам'ять називають ще «флеш-диском», хоча конструктивно ця пам'ять нічого загального з диском не має. Флеш-пам'ять називають «диском» тому, що вона допускає багаторазову (декілька млн. циклів) перезапис даних і може виконувати функції, що раніш звичайно виконували накопичувачі на жорсткому та гнучкому магнітних дисках.

Головна відмінність флеш-пам'яті від пам'яті на дисках полягає в тому, що флеш-пам'ять – це мікросхема або твердотільна карта, що не має ніяких рухомих механічних деталей. Доступ до будь-яких даних у флеш-пам'яті здійснюється практично миттєво, а швидкість зчитування залежить від технології виконання флеш-диска та способу підключення.

З урахуванням відзначених особливостей різних видів пам'яті слід виділити сукупність пристроїв пам'яті, застосовуваних у сучасних МП-системах і яка являє собою явно виражену ієрархічну структуру, що наведена на рис. 1.3. Верхні рівні у цій структурі займають елементи пам'яті мінімального об'єму з мінімальним часом доступу, а на нижніх рівнях знаходяться елементи пам'яті, що мають меншу швидкодію, але дозволяють зберігати великі об'єми інформації.

Всі елементи пам'яті МП-пристроїв можна умовно розділити на 3 групи: елементи пам'яті, розміщені безпосередньо в процесорі (цю пам'ять ще називають регістровою); внутрішню пам'ять (пам'ять, розміщену на процесорній платі); зовнішню пам'ять. Регістрова пам'ять процесора є енергозалежною пам'яттю і відноситься до так званих надшвидкодійних ОЗП (НОЗП).

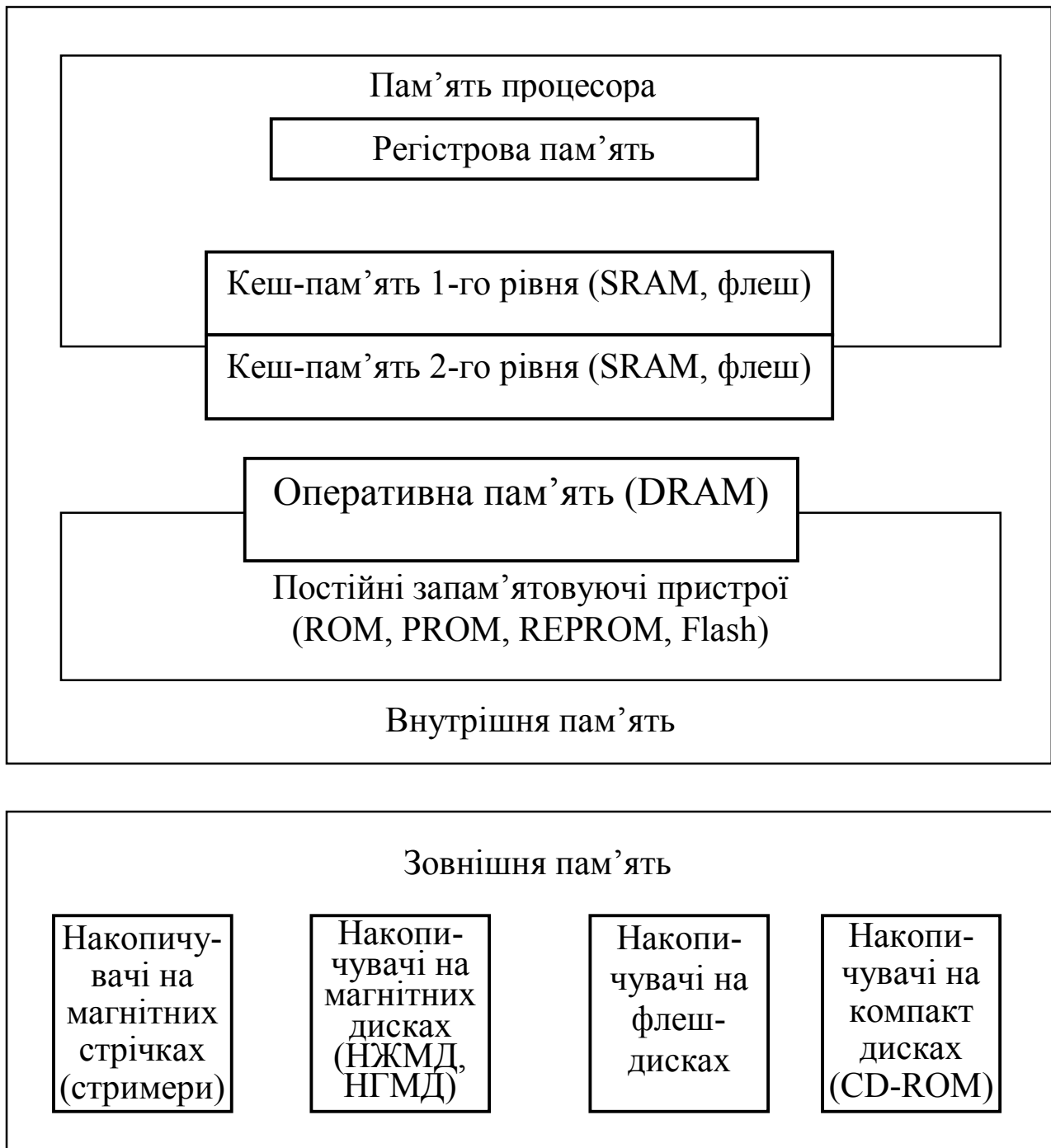


Рис.1.3. Загальна структура пристроїв пам'яті.

В останні роки так само як кеш-пам'ять стали інтенсивно використовувати мікросхеми флеш-пам'яті. Як уже відзначалося вище, кеш-пам'ять являє собою буферну пам'ять, застосування якої дозволяє істотно скоротити кількість звертань до основної пам'яті за рахунок акумуляції (тимчасового зберігання) поточного фрагмента програми у швидкодіючій пам'яті. Кеш 1-го рівня розміщується без-

посередньо в кристалі МП, а кеш 2-го рівня – в кристалі МП або на процесорній платі.

Оперативна пам'ять конструктивно являє собою різні варіанти композицій мікросхем DRAM, що, як правило, поєднується в змінні модулі, які встановлюються у роз'єми (слоти) процесорної плати.

Оперативна пам'ять сучасних МП-пристроїв має ряд особливостей. Для зменшення сумарного часу, що витрачається на читанні інформації з пам'яті використовується так званий пакетний режим, що дозволяє при читанні одного слова зчитувати одночасно ще три, розташовані поруч. Для підвищення швидкодії динамічної пам'яті застосовується також метод чергування адрес, суть якого полягає в тому, що послідовно розміщені в програмі, логічно зв'язані дані спеціально заносяться в різні банки даних таким чином, що в період регенерації пам'яті одного з банків процесор може без затримки зчитувати дані з іншого банку. Істотне підвищення швидкодії пам'яті досягається за рахунок розбивки її на сторінки, що значно скорочує число звертань до ОЗП у процесі відпрацьовування програми.

Останнім часом з'являються багато нових типів модулів оперативної пам'яті, які відрізняються своєю внутрішньою організацією і в яких використовується принцип конвеєризації, а також суміщення в одному модулі як елементів пам'яті DRAM, так і невеликої за об'ємом пам'яті SRAM, що у даному випадку може розглядатися як кеш, вбудований в ОЗП.

У якості постійної внутрішньої пам'яті МП-пристроїв використовуються різні типи ПЗП (ROM, PROM, REPRM, флеш-пам'ять).

Для збереження інформації після відключення живлення МП-системи використовуються енергонезалежні запам'ятовуючі пристрої (накопичувачі), серед яких основним видом є жорсткі диски. Всі інші є альтернативними, що виконують завдання резервного копіювання та переносу інформації.

1.4. Структурна схема та функціонування мікропроцесора

На сьогодні промисловістю випускається багато моделей МП з широким спектром параметрів. Тому основу організації та функціонування доцільно розглянути за допомогою найбільш розповсюдженого на практиці МП (8-розрядного одно кристального типу).

Структурна схема МП представлена на рис. 1.4, яка дозволяє найкраще пояснити найбільш суттєві аспекти функціонування МП, не вдаючись у деталі тих чи інших модифікацій МП. Згідно з рис. 1.4 МП складається з наступних основних функціональних елементів: арифметико-логічного пристрою (АЛП), блоку регістрів (БРГ), пристрою керування (ПК), регістра-акумулятора (АР), буферного регістра (БР), регістра ознаки результату чи прапорового регістра (F) буферів даних (БД) і адреси (БА) та схеми десятичної корекції (ДК).

Мікропроцесорні системи (МПС) на базі цього МП організуються з'єднанням його з пристроями (портами) вводу – виводу (до 256 вхідних і 256 вихідних портів) і модулями напівпровідникової пам'яті будь-якого типу і швидкодії. В цілому МП розрахований на виконання логічних і арифметичних операцій з 8 – розрядними числами у двійковій і десятичній системах числення, а також операцій з подвійною розрядністю.

Арифметико-логічний пристрій (АЛП) є основним пристроєм МП, який призначений для виконання арифметичних операцій складання і віднімання, основних логічних операцій (І, АБО, виключаюче АБО) та зсувів. АЛП має два входи і один вихід. Всі інші пристрої МП стосовно АЛП є допоміжними і забезпечують підготовку і введення в АЛП операндів, вказують, яку саме операцію необхідно виконати, у якому виді і де зберігати чи куди видати результат операції.

Регістр – акумулятор (АР) – це спеціальний регістр, призначений для тимчасового зберігання операндів або проміжних результатів при виконанні арифметичних і логічних операцій в АЛП. Один операнд завжди береться з АР (точніше з буфера акумулятора), а другий операнд – зі спеціального буферного регістра (БР). Схема де-

сятинної корекції ДК, що побудована на базі ПЗП, дозволяє виконувати обробку даних, представлених у двойково-десятичній системі.

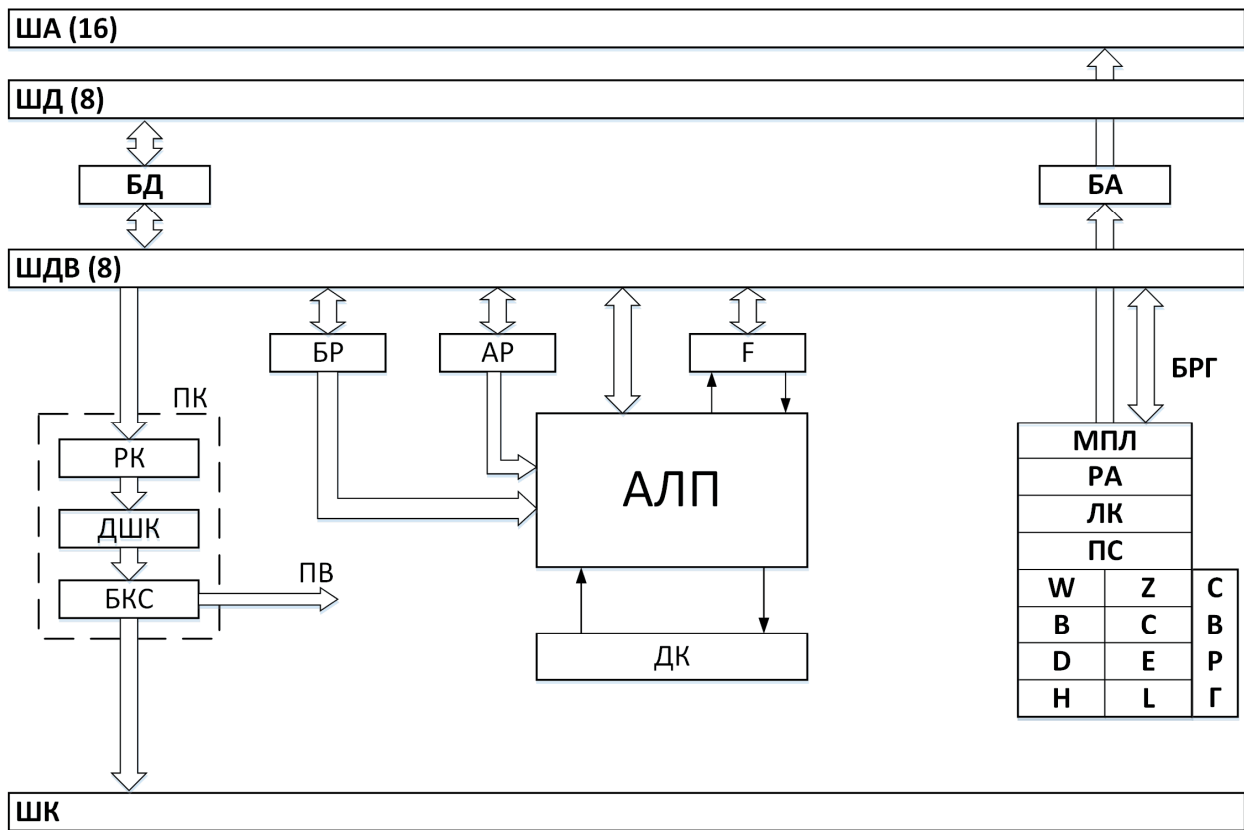


Рис.1.4. Загальна спрощена структура МП.

Блок реєстрів БРТ призначений для прийому, зберігання і передачі різної інформації та забезпечує участь в процесі виконання програми (команди). Він містить спеціальні реєстри: реєстр адреси (РА), реєстр лічильник команд чи програмний лічильник (ЛК) та реєстр покажчик стеку (ПС), реєстри W і Z (не є програмно-доступними, використовуються для тимчасового зберігання даних при виконанні команд), мультиплексори (МПЛ), схему вибірки реєстрів (СВРТ) і три пари 8-бітних реєстрів загального призначення (РЗП) – В, С, D, E, H, L. Ці перелічені компоненти суттєво поширюють можливості АЛП в процесі обробки інформації.

Характерна особливість структури МП полягає у наявності внутрішньої шини даних (ШДВ), що побудована по магістральному принципу, і зв'язує усі вузли МП. Розрядність ШДВ дорівнює розря-

дності слів, з якими оперує МП, і тому дорівнює розрядності зовнішньої шини даних (ШД). Шина ШДВ має 8 розрядів і з'єднує поміж собою ПК, АЛП, БРГ, РА та здійснює обмін інформацією усередині МП за допомогою двох 8-розрядних (двонапрямлених) мультиплексорів (МПЛ).

Регістр адреси (РА) – 16-розрядний регістр, призначений для зберігання адреси комірки ОЗП, з якої у деякий момент часу необхідно записати операнд. На РА коди передаються з регістрових пар БРГ, ПС і ЛК в процесі звертання до пам'яті і зовнішнім пристроям.

Програмний лічильник або лічильник команд (ЛК) – це програмно-доступний 16-розрядний регістр, вміст якого указує адресу чергової команди (командного байту). Після читання чергової команди вміст ЛК автоматично збільшується на одиницю при вибірці кожного байту команди, а точніше на 1,2 чи 3 у залежності від довжини команди. При цьому перший байт, що визначає код операції (КОП), завжди надходить по ШДВ у регістр команд (РК). Цей процес триває до тих пір, доки виконання відбувається по послідовній гілці команд. Якщо поточна команда (переходу чи виклику підпрограми ПП) змінить послідовність виконання програми, то МП занесе у ЛК не адресу наступної команди, а адресу, що визначає, яка команда виконується у цей час.

Показчик стеку (ПС) становить собою спеціальний програмно-доступний 16-розрядний регістр. За допомогою ПС користувач визначає адресу комірки ОЗП, з якими оперують стекові операції. В процесі функціонування МП у показчику стеку зберігається адреса останньої зайнятої комірки стекової пам'яті. Вміст ПС зменшується перед записом коду у стек і збільшується після зчитування, тобто стек – це динамічна структура і його розмір змінюється в процесі обробки. Стек працює за принципом «останній прийшов – перший пішов» (LIFO). Дані включаються («проштовхуються») у стек, а потім вилучаються («виштовхуються») з нього. ПС слідкує за положенням стеку, тобто містить адресу останньої комірки стеку, що використана.

Регістри загального призначення (РЗП) – це пристрої, що виконують функції надоперативного ЗП. До складу РЗП входять шість 8-бітних реєстрів (РГ): В, С, D, Е, Н, L. Прийнята наступна адресація РЗП: В – 000, С – 001, D – 010, Е – 011, Н – 100, L – 101. Оскільки низка команд передбачає обробку чи пересилання машинних слів подвійної довжини, то пари реєстрів В і С, D і Е, Н і L об'єднуються у 16-бітні реєстрові пари (РП), що мають адреси 00, 01 і 10 відповідно. При символічному представленні таких реєстрів РГ використовуються позначення тільки першого в парі РГ, тобто В, D і Н відповідно.

Пристрій керування (ПК) здійснює керування роботою АЛП, БРГ та іншими компонентами МП, реалізуючи наступні основні функції: вибірку команд програми у потрібній послідовності, їх дешифрацію то обробку; керування виконанням операцій; синхронізацію роботи окремих блоків і елементів МП.

Регістр команд (РК) у складі ПК безпосередньо програмісту недоступний і призначений для зберігання коду операції (першого байту) тієї команди, адреса якої встановлена у лічильнику команд. При цьому другий байт команди заноситься в реєстр W, а третій – у реєстр Z. Далі код операції прямує на *дешифратор команд (ДШК)*, де відбувається дешифрація команди, тобто визначається тип операції для виконання. Виходи ДШК надходять до схеми керування МП, що визначає напрямок передачі, даних і реагує на зовнішні сигнали, які з'являються на шині керування, а також виконує інші функції.

Блок керування і синхронізації (БКС) відпрацьовує необхідну послідовність керуючих сигналів, призначених для керування і синхронізації як внутрішніми компонентами МП (сигнали ПВ), так і для зв'язку із зовнішнім відносно МП пристроями – це вихідні сигнали керування та стану, які прямують по шині керування (ШК).

Буферний реєстр адреси (БА) дозволяє підвищити навантажувальну здатність шин ША, ШД і ШК і призначений для супрядження МП з адресною шиною і, таким чином, із зовнішніми (відносно МП) пристроями, що входять до складу мікропроцесорної системи

(МПС). У залежності від сигналів, що надходять з ПК, буфер адреси забезпечує або видачу 16 – розрядної адреси з регістру адреси на зовнішню шину, або відключення МП від цієї шини, бо він містить 16 вихідних формувачів з трьома сталими станами.

Буферний регістр даних (БД) дозволяє підвищити навантажувальну здатність шини ШД і призначений для супрядження МП з шиною даних. Керований сигналами, що надходять з ПК, буфер даних забезпечує або прийом байту даних в МП, чи видачу байту до зовнішньої шини ШДВ, бо він містить двонапрямлені магістральні підсилювачі, або відключення МП від цієї шини.

Регістр ознаки результату операції (F) або регістр стану і коду умови забезпечує послідовність виконання операції в процесі обробки цифрової інформації, яка часто залежить від значення результату виконання попередньої операції в АЛП. Слід відмітити, що цей регістр не є регістром у звичайному розумінні, а становить собою набір тригер - заціпок, стан яких «1» чи «0» залежить від результату операції АЛП. Сукупність цих тригерів утворює регістр ознаки результату, вихід кожного з яких діє як прапорець, внаслідок чого цей регістр отримав назву прапорового регістру (F).

Програмно є можливість перевірити значення чотирьох ознак: СУ – переносу (carry), S – знаку (sign), Z – нуля (zero), P – парність (parity). Ці ознаки можуть бути використані при організації більш складних процедур обробки інформації, таких як умовного переходу, умовного виклику підпрограми чи умовного повертання з неї. П'ята ознака, а саме допоміжного переносу (АС – auxiliary carry) використовується при реалізації команди десятичної корекції (ДАА).

Функціонування МП – це динамічний процес обробки і передачі інформації по окремим магістралям у залежності від керуючих сигналів та видачі МП - ом інформації у деякі моменти часу, що здійснюється у суворій послідовності в ході виконання команд з використанням синхросигналів. Відпрацьовування команд у МП здійснюється відповідно до використовуваної у даному процесорі системи машинних циклів (МЦ) і тактів (Т).

Машинний такт (Т) – це період синхросигналів. Його тривалість може бути встановлена у деякій межах. Наприклад, довільно в діапазоні $0,5 \div 2$ мкс (при тактовій частоті генератора 2 МГц).

Машинний цикл (МЦ) – це час, що вимагає для вилучення одного байту інформації з пам'яті (ОЗП, ПЗП) чи виконання однобайтової команди (рис. 1.5). МЦ може складатись із декількох машинних тактів, наприклад від 3-х до 5-ти.

Командний цикл (КЦ) – це час вибірки, декодування і виконання команди. У залежності від типу команди КЦ може складатись з декількох машинних циклів (як правило від 1 до 5). При цьому прості команди, що не вимагають звертання до пам'яті, виконуються протягом одного МЦ, а більш складні – за декілька МЦ.

Так в типовому, що розглядається, МП прості команди виконуються протягом одного МЦ за чотири Т, найбільш складні (трибайтові) – протягом п'яти МЦ за 18 тактів.

Послідовність команд, що по чергово виконується МП, становить собою програму. Отже команда – це інструкція, під впливом якої виконується та чи інша машинна операція.

Режим функціонування різних МП в процесі виконання команд визначається керуючими сигналами і синхросигналами, що передаються по шині керування. Для цих сигналів в корпусі МП передбачені відповідні зовнішні виводи, що зв'язані з ПК. Серед цих сигналів поряд з сигналами живлення можна виділити наступні типові, що притаманні більшості процесорів:

Φ_1 і Φ_2 – вхідні двофазні тактові сигнали синхронізації, що не перетинаються у часі, від зовнішнього генератора тактових імпульсів;

С (SYNC) – вихідний сигнал синхронізації, на якому формується сигнал на початку кожного машинного циклу;

Г (READY) – вхідний сигнал, який інформує МП про готовність зовнішніх пристроїв для введення інформації з ШД в МП;

ПДП (HOLD) – вхідний сигнал для прямого доступу до пам'яті, що відповідає запиту захоплення ША і ШД і забезпечує за запитом із зовнішнього пристрою на прямий доступ до пам'яті без участі МП;

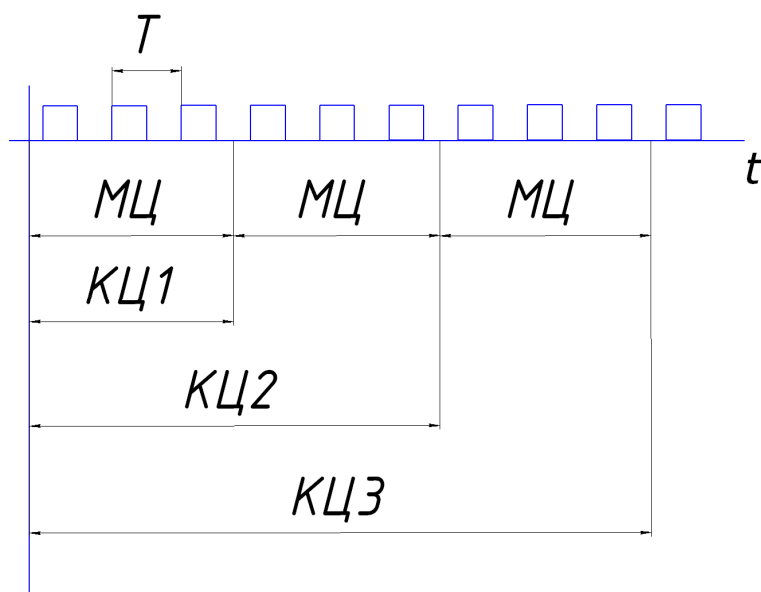


Рис.1.5. Наочне зображення T , $MЦ$, та $KЦ$.

ПР (INT) – вхідний сигнал від зовнішнього пристрою на переривання основної програми і переходу на виконання підпрограм обслуговування переривання;

ОЖД (WAIT) – вихідний сигнал, що вказує про часову затримку в циклі роботи МП і чекає сигналу Γ ;

ППДП (HLDA) – вихідний сигнал, підтвердження стану захоплення МП (у відповідь на сигнал ПДП) і переключення буферів ША та ШД у високоімпедансний стан для реалізації режиму ПДП, при цьому після закінчення поточного машинного циклу МП призупиняє виконання своєї основної програми;

ДПР (INTE) – вихідний сигнал на дозвіл переривань, нульовий рівень якого забороняє приймання запиту переривання МП;

ЗП (WR) – вихідний сигнал дозволу запису інформації з МП у пам'ять та зовнішній відносно МП пристрій;

ЧТ (DBIN) – вихідний сигнал, що вказує пам'яті і зовнішньому пристрою про дозвіл до приймання даних з ШД у МП;

R (RESET) – вхідний сигнал, що забезпечує початкову установку МП, за яким відбувається обнуління РК, СК, внутрішніх тригерів підтвердження захоплення і дозволу переривання (стан інших регістрів не змінюється), а виконання програми починається з нульової комірки пам'яті;

СКД – вихідний сигнал, що забезпечує скидання в нуль лічильника команд ПК, а отже і РА та здійснює звертання до нульової комірки пам'яті, де завжди розташовується початок програми.

Для обміну інформацією (даними) між МП, пам'яттю та зовнішніми пристроями у корпусі МП передбачені виводи ($D_0 \div D_7$) шини даних (ШД), що являє собою n – розрядну ($n = 8, 16, 32, 64$) двонапрявлену шину. За допомогою виводів ($A_0 \div A_{15}$) шини адреси (ША), яка є n – розрядною ($n = 16, 32$) однонапрявленою, здійснюється адресне звертання МП до пристроїв пам'яті МП – систем, а також до різного периферійного устаткування.

Аналіз роботи МП по реалізації різних команд свідчить, що їм виконується всього десять типових машинних циклів (МЦ):

М1 – вибірка з пам'яті (ОЗП, ПЗП) першого байту команди;

читання ЗП – зчитування вмісту комірки пам'яті (КП) за адресою, що зберігається у ЛК або в одній з пар регістрів BC, DE, HL;

запис в ЗП – запис у комірку пам'яті (КП) за адресою, що зберігається в одній з пар регістрів BC, DE, HL;

читання стеку – зчитування зі стекової пам'яті за адресою, що зберігається в PC;

запис у стек – запис у стекову пам'ять за адресою, що зберігається в PC;

ввід – ввід інформації (даних) в акумулятор-регістр із зовнішнього пристрою;

вивід – вивід інформації (даних) з акумулятора-регістру до зовнішнього пристрою;

переривання – переведення МП у режим «Переривання», обробка переривання;

зупинення – переведення МП у режим «Зупинення»;

переривання під час зупинення – вивід МП з режиму «Зупинення» за запитом переривання.

Отже виконання команди згідно розглянутих типових керуючих сигналів і МЦ у самому спрощеному вигляді відбувається наступним чином. За сигналом синхронізації SYNC починається машинний цикл М1 (два такти), за якого за вхідним сигналом RESET лічильник команд МП обнуляється, що забезпечує подальше покомандне виконання програми, починаючи з нульової комірки пам'яті МП – системи. Зовнішнім керуючим сигналом READY забезпечується готовність периферійного обладнання (зовнішня пам'ять, пристрої вводу-виводу) МП – системи до прийому інформації з шини даних МП. За відсутності цього сигналу блок БКС буде у стані очікування і на виході WAIT з'явиться високий потенціал. Безпосереднє виконання команди за подальші три такти (другий МЦ) здійснюється керуючим сигналом DBIN, за якого відбувається читання (вибірка) команди з пам'яті МП – системи, читання операнду і виконання операції в МП. При цьому, спочатку здійснюється передача вмісту адреси команди з РА через ША в пам'ять МП – системи, а потім за зазначеною адресою відбувається вибірка 1-го байту команди КОП (коду операції) з пам'яті МП – системи і передача його через ШД у регістр РК. Одночасно здійснюється автоматично інкрементування (додавання «1») до вмісту ЛК і РА після вибірки 1-ого байту, тобто формується адреса наступної команди. Далі відбувається дешифрація КОП у ДШК, а потім якщо необхідно (залежить від формату команди) здійснюється вибірка 2-го і 3-го байтів команди. В подальшому виконується читання з пам'яті МП – системи операнду, що заноситься в один з буферних регістрів БР чи АР. Наприкінці відбувається підключення інформаційних виходів буферних регістрів до АЛП, де і виконується операція згідно з КОП. Результат операції заноситься в регістр АР.

Слід відзначити, що після виконання деяких операцій АЛП виробляє відповідні ознаки результату, значення яких можуть впливати на виконання наступних команд (але не всіх) та умовної передачі ке-

рування. Для зручності зберігання відновлення стану МП (під час переривань і переходу до підпрограми ПП) всі ознаки розташовуються в одному прапоровому реєстрі F. Значення кожної ознаки фіксується в окремому тригері.

Кожен МП має обмежену кількість базових команд. Однак деякі породжують декілька різних кодів операцій, тому загальна кількість команд може бути більше базової. За функціональним призначенням всю сукупність команд можна поділити на наступні: пересилки даних, обробки даних, передачі управління, звертання до підпрограм, вводу – виводу та спеціальні (для виконання операцій над самим МП).

1.5. Інтерфейс мікропроцесорних систем

Узагальнена структура МПС і МПАС представлена на рис.1.1 і є системою з шинною організацією, що складається з модулів і блоків, реалізованих у вигляді ВІС (МП, ОЗП, ПЗП і т. ін.). Робота МПС характеризується інтенсивним обміном інформації між МП, ЗП і різними пристроями та датчиками об'єктів керування. В процесі керування МП приймає команди від ЗП, дешифрує їх, звертається при виконанні команд (читання, запис) до ЗП, а при виконанні команд вводу - виводу – звертається до датчиків і інших пристроїв.

В цілому, МПС виконує наступні функції: обробка інформації; керування потоком команд; інтерпретація команд; керування роботою шин; збереження інформації; здійснення взаємодії між МПС і зовнішніми по відношенню до МПС пристроями. При цьому МП виконує лише перші чотири функції, а збереження інформації здійснюється запам'ятовуючими пристроями (ОЗП, ПЗП). Таке об'єднання в рамках МПС модулів пам'яті, портів вводу-виводу та інших пристроїв вимагає вирішення задачі супрядження цих компонентів. При цьому повинні враховуватись характер і часові параметри сигналів на стиках між цими компонентами. Така сукупність задач супрядження компонентів і взаємодії між пристроями вирішується за допомогою інтерфейсу.

Інтерфейс МП-систем – це комплекс засобів уніфікованого супрядження компонентів МПС, що містить апаратні та алгоритмічні засоби. До складу апаратних засобів входять система уніфікованих шин, уніфікованих сигналів і електронних схем, а алгоритмічну частину утворюють алгоритм (або найбільш розповсюджена назва – протокол) обміну, тобто сукупність правил взаємодії цих компонент в процесі обміну інформації.

За функціональним призначенням, тобто задачею, що вирішується інтерфейсом, слід виділити магістральні (внутрішньомашинні), зовнішні відносно МПС інтерфейси периферійних пристроїв та системні в структурі АСКТП (інтерфейси локальних мереж).

Внутрішньомашинний інтерфейс організує супрядження таких компонентів, як модулі пам'яті і порти вводу-виводу з шинами МП, основне завдання якого полягає у синхронізації і керуванні шинами, а також у вибірці компонентів для забезпечення своєчасної передачі даних між МП та іншими пристроями.

Умовна схема організації шинного інтерфейсу сучасних МПС представлена на рис. 1.6, яка характерна для програмуємих контролерів на базі РС, що отримали назву SofPLC. У відповідності з цією схемою основу внутрішньомашинного інтерфейсу складають системна шина (СШ), яку іноді називають системна магістраль (СМ), так звані мости – північний (головний) і південний, шина розширення РСІ, що забезпечує пряме підключення високошвидкісної периферії до шини ЦП, шини ISA, AGP і USB.

Системна шина, що з'єднує центральний процесор (ЦП) з головним мостом, являє собою систему з трьох шин: системна шина даних (СШД), системна шина адреси (США) і системна шина керування (СШК).

Шина AGP інтерфейсу (Accelerated Graphics Port – прискорений графічний порт) забезпечує зв'язок між основною системною шиною центрального процесора (ЦП) через головний міст (системний контролер) з відео – картою (ВК) і монітором (М). Вона призначена виключно для передачі відеоданих з високою пропускну здатністю до

10066 Мбайт/с (у режимі передачі чотирьох 32-х розрядних слів). Технологія AGP дозволяє зберігати графічні дані, насамперед текстури, в оперативній пам'яті з можливістю швидкого доступу до них.

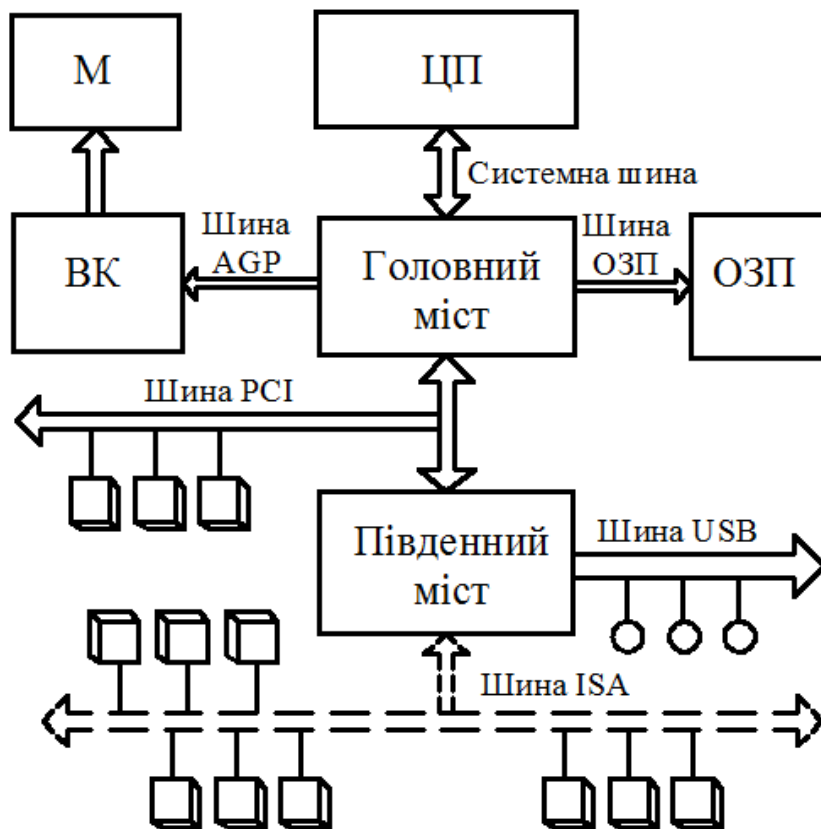


Рис.1.6. Умовна схема організації шинного інтерфейсу МПС.

Шина PCI інтерфейсу (Peripheral Component Interconnect – периферійних компонентів приєднання) забезпечує зв'язок системної шини ЦП через головний міст з південним мостом-контролером. Це швидкодіюча синхронна шина розширення, що може працювати як з 32-х розрядними, так і з 64-х розрядними даними. В останньому випадку лінії даних і адреси мультиплексуються, тобто програмно переключаються. Швидкість передачі даних по цій шині до 264 Мбайт/с. Більш розповсюджена шина PCI-Express, що належить до інтерфейсу вводу-виводу третього покоління, який є сумісним з інтерфейсом PCI, і дозволяє поєднувати у шину кілька незалежних ліній передачі даних. Стандартом передбачене використання 1, 2, 4, 8, 16 і 32 ліній з локальним мережним протоколом TCP/IP.

Шина ISA інтерфейсу (Industry Standard Architecture – промислова стандартна архітектура) широко застосовується в задачах автоматизації, оскільки надійна в експлуатації та проста у використанні. Являє собою асинхронну 16-ти розрядну шину розширення. Удосконаленою модифікацією цієї шини є шина EISA (Extenden ISA) із швидкістю передачі даних до 33 Мбайт/с. Останнім часом широке застосування отримала гібридна шина ISA і PCI – PCISA, що дозволяє використовувати материнські плати PC з високопродуктивними ЦП і здійснювати модернізацію вже існуючих систем з шиною ISA у тому ж самому конструктивні МПС.

Шина USB інтерфейсу (Universal Serial Bus – універсальна послідовна шина) має виконання у двох специфікаціях. Специфікація 1.X забезпечує роботу на швидкостях до 12 Мбіт/с, а специфікація 2.0 – на швидкості 480 Мбіт/с. Архітектура інтерфейсу USB включає три категорії компонентів: комунікації, пристрої і хост-контролери. Комунікації визначають топологію шини, рівневу модель виконання завдань, потокову модель обміну даними, модель обміну та розподіл ресурсів шини. У категорії пристроїв розрізняють пристрої-хаби (концентратори), тобто компоненти здатні забезпечити додаткові точки підключення, і функціональні пристрої, які є кінцевою ланкою топології мережі USB. Хост-контролер (кінцевий концентратор) є провідним компонентом інтерфейсу і забезпечує всі його функції. До хост-контролера можуть бути підключені або функціональні пристрої, або концентратори, для збільшення числа доступних портів. Припустима організація до п'яти рівнів топології, що в сумі дає до 127 абонентів на шині. Фізичні канали зв'язку організуються концентраторами та кабелями. Інтерфейс USB підключається до південного мосту і є найбільш поширеним інтерфейсом, про що свідчить наявність тільки цього інтерфейсу у багатьох сучасних зовнішніх пристроях (принтери, плотери, сканери, фото - і відеокамери та ін.).

До складу південного мосту входять контролер переривань, контролер прямого доступу до пам'яті, програмований таймер, контролер клавіатур та деякі інші пристрої. Робота контролера переривань

визначається ЗВП, що формує запит на переривання, за якого МПС тимчасово припиняє виконання поточної програми (команди) і вводить до дії підпрограму, спеціально призначену для керування обміном даними. Контролер прямого доступу до пам'яті забезпечує передачу інформації із зовнішньої пам'яті від периферійних пристроїв чи інших ЗВП до основної. За цим режимом МП відключає себе від шин, внаслідок чого зовнішня пам'ять отримує можливість прямого доступу до основної пам'яті.

Підключення зовнішніх пристроїв і додаткового периферійного обладнання до шини ISA здійснюється за допомогою стандартних інтерфейсів – так званих портів вводу – виводу: послідовних (ПСП) і паралельних (ППП).

Порти вводу-виводу (ПВВ) – це невід'ємна складова внутрішньомашинного інтерфейсу МПС і являють собою блоки (модулі), задача яких полягає у здійсненні взаємодії між МПС і ЗВП (комунікаціями або по-іншому промисловою мережею МПСА). Функціональне призначення ПВВ наочно ілюструє схема, що представлена на рис.1.7. Згідно з рис.1.7 виходить, що з одного боку ПВВ – це місця (точки) безпосереднього контакту МПС із ЗВП, а з іншого боку – це засіб підключення ЗВП до МПС, тобто це елемент інтерфейсу.

Порт вводу (П_{ВВ}) – це будь-яке джерело даних, наприклад (але не обов'язково) адресуємий регістр, підключений до шин МПС. Він видає слово у МП, коли до нього керуючим сигналом У1 здійснюється звернення.

Порт виводу (П_{ВВВ}) – це будь-який приймач даних, наприклад адресуємий регістр, підключений до шин МПС. Він отримує слово від МП, коли останній звертається до нього керуючим сигналом У2. Отже пристрої ПВВ являють собою одно – чи двонаправлені буферні регістри, призначені для побудови програмованого інтерфейсу. ПВВ має свої адреси, тому до МПС може бути підключено декілька ЗВП. Кожний порт є складовою частиною інтерфейсу між МПС і деяким ЗВП (наприклад контролер технологічного процесу, датчик, ЦАП, АЦП, зовнішня пам'ять, термінал і т. ін.). У більшості МП для адре-

сації портів (тобто для вибірки потрібного порту) використовується адресна шина або її частина. Як правило адреса П_{ВВ} відрізняється від адреси П_{ВІВ} та від адреси пам'яті не значеннями, а сигналами на відповідних керуючих лініях. Типове включення портів П_{ВВ} до МПС може бути проілюстроване спрощеною схемою, представленою на рис. 1.8.

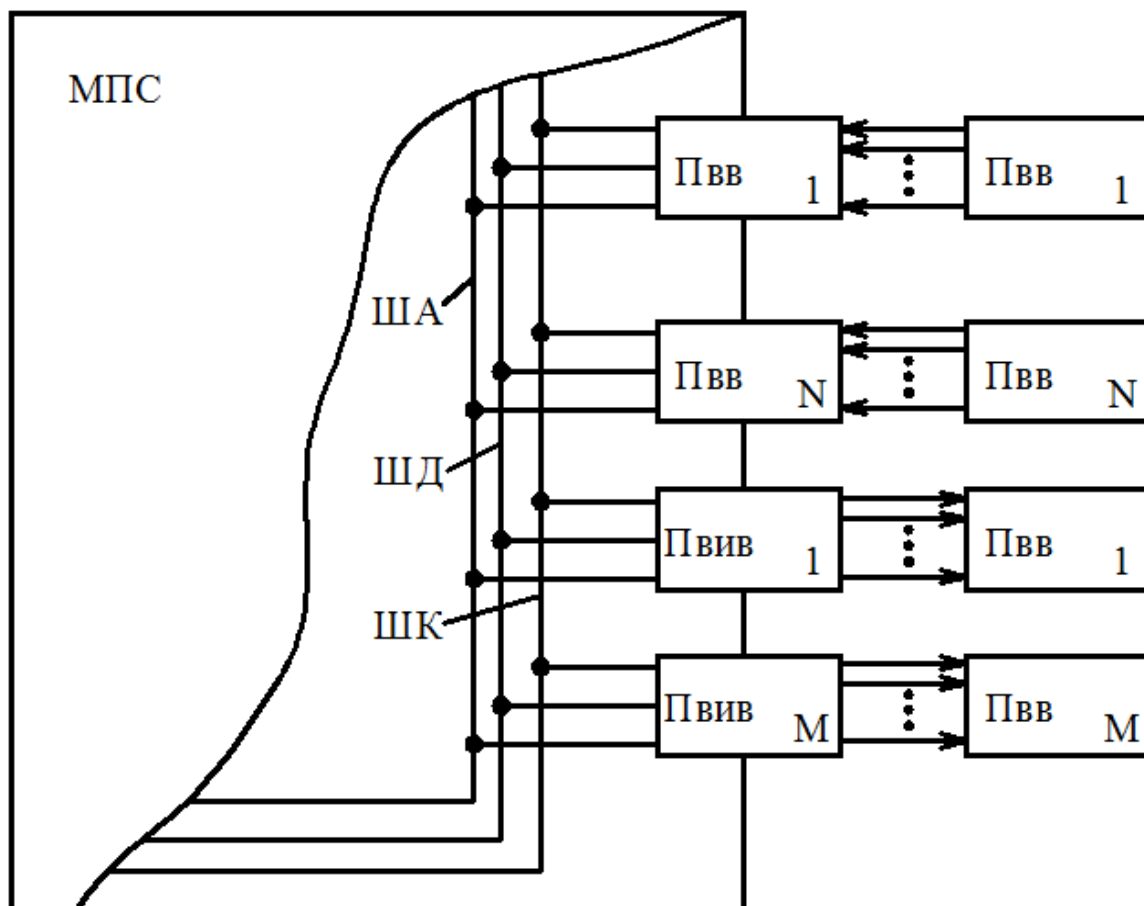


Рис.1.7. Спрощена схема ілюстрації функціонального призначення портів вводу-виводу.

Двом портам за цією схемою присвоєно однаковий код (адреса пристрою), що цілком припустимо, бо поміж собою вони будуть відрізнятися сигналами з ШК в керуючих лініях “ввід” і “вивід”. Дані, що надходять з зовнішніх пристроїв ЗВП, передаються на шину даних n-розрядного паралельного (чи послідовного) коду через порт вводу. Дешифратор адреси визначає конкретний П_{ВВ}, який передає

дані на шину даних у деякий момент часу. Порти вводу і дешифратор адреси утворюють модуль вводу. Результати операцій (дані) можуть бути виведені по команді через один із $P_{\text{ВВВ}}$ на зовнішні пристрої, що з'єднані з цим портом. Потрібний $P_{\text{ВВВ}}$ обирається через дешифратор адреси і обидва вони утворюють модуль виводу. Таким чином, ПВВ є одними з основних елементів, що забезпечують супрядження різного роду зовнішніх пристроїв з МПС.

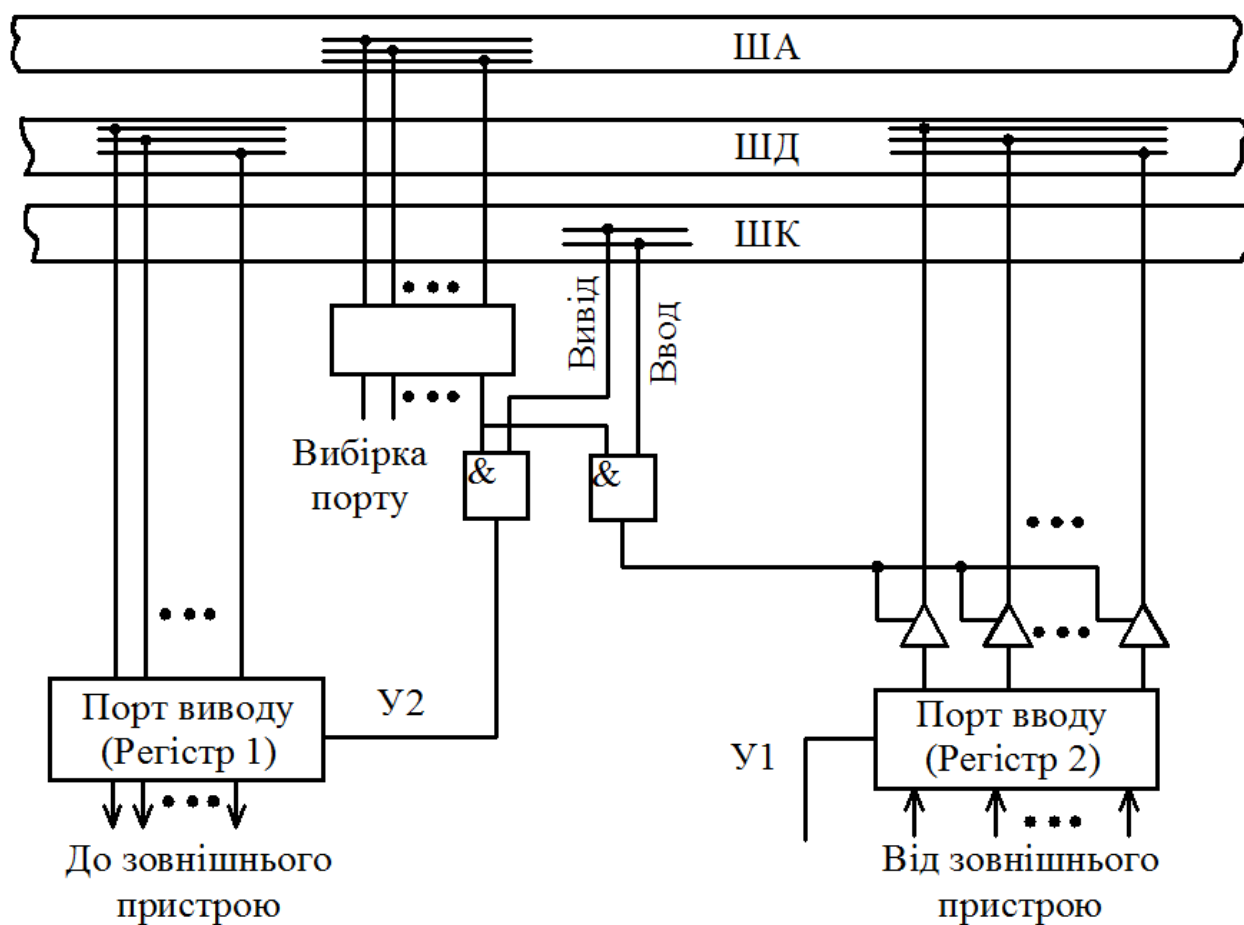


Рис.1.8. Схема включення портів вводу-виводу до МПС.

Зовнішній інтерфейс організує супрядження окремих частин МПС із зовнішніми компонентами, такими, як периферійні пристрої, канали передачі даних, контролери та ін. Він безпосередньо не з'єднується з шинами МПС і забезпечує перетворення зовнішніх сигналів, які можуть мати будь яку природу (у тому числі і аналогову), у сигнали (цифрові), що сумісні з сигналами на шинах, та зворотне

перетворення. Основні функції цього інтерфейсу наступні: дешифрація адреси пристроїв; дешифрація коду команди, що пов'язана із звертанням до пам'яті чи зовнішнього пристрою (ЗВП); синхронізація обміну інформацією; узгодження форматів слів; електричне узгодження сигналів та деякі інші функції.

Фізично інтерфейс якого-небудь ЗВП становить собою сукупність шин і мікроелектронних схем для формування сигналів, що прямують по цим шинам. Реалізуються на ВІС з програмно-керованими функціями. При цьому сигнали на шинах інтерфейсу електрично доступні всім ЗВП, проте логіка роботи побудована таким чином, що у кожний момент часу тільки один із ЗВП може бути логічно зв'язаний з інтерфейсом і реагувати на його сигнали. Якщо два чи більше ЗВП вимагають обслуговування, то обирається один із них у відповідності з встановленим між ними пріоритетом. Процес обміну даними по інтерфейсним каналам зв'язку може бути організований за різними способами і схемами.

За способом обміну інформацією інтерфейси можуть бути з паралельною, послідовною і паралельно-послідовною передачею інформації.

За способом організації зв'язків підрозділяються на інтерфейси магістральні, радіальні, деревовидні і радіально-магістральні.

За режимом обміну інформацією – із симплексним, напівдуплексним, дуплексним і мультіплексним режимами обміну. Наочна ілюстрація цих режимів обміну між абонентами (А) приведена на рис. 1.9.

За симплексним режимом лише один з абонентів може ініціювати у будь-який момент таку передачу інформації з інтерфейсу, за напівдуплексним режимом будь-який абонент може почати передачу інформації іншому абоненту, у дуплексному режимі кожний абонент може почати передачу інформації іншому у довільний момент часу, а у мультіплексному режимі в кожний момент часу може бути здійснено зв'язок між парою абонентів у будь-якому, але одному напрямку від одного з абонентів до іншого.

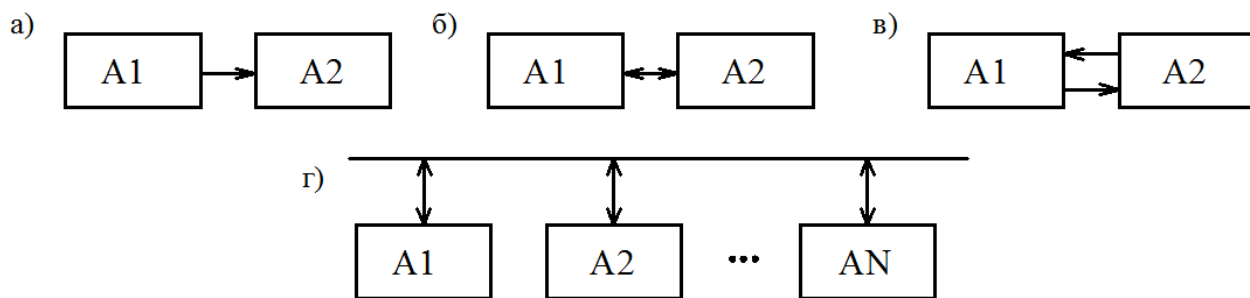


Рис.1.9. Схеми режимів обміну інформацією симплексного (а), напівдуплексного (б), дуплексного (в) і мультіплексного (г).

За способом передачі інформації в часі розрізняють інтерфейси з синхронною передачею даних і з асинхронною. За першим способом синхронізуючі сигнали МП задають певний часовий інтервал, протягом якого зчитується інформація з одного джерела первинної інформації. За другим способом передача даних характеризується наявністю керуючих сигналів без постійної прив'язки до певного часового інтервалу циклу збору інформації.

Найпоширеніші послідовні зовнішні інтерфейси фізичного рівня, що застосовуються для зв'язку МПС і ЗВП у сучасних промислових мережах, є інтерфейси RS-232C (вітчизняний аналог «Стик-2»), RS-422, RS-423, RS-485 і «струмова петля» (аналог ІРПС). Основні технічні характеристики деяких з цих інтерфейсів зведені до табл.1.1.

Інтерфейс RS-232C забезпечує два послідовних канали даних: первинний (головний) і вторинний (допоміжний). Обидва канали можуть функціонувати у дуплексному режимі, тобто одночасно здійснювати передачу та прийом інформації. В практичних умовах допоміжний канал RS-232C застосовується рідко, і в асинхронному режимі з 25 ліній (контактів) використовується тільки 9 ліній (контактів). Підключення пристроїв за допомогою роз'ємів (DB) на 9 і 25 контактів може бути виконано у відповідності з даними табл.1.2, а призначення контактів цього інтерфейсу представлено у табл.1.3.

При цьому термінальне обладнання DTE оснащено роз'ємом із штирками, а зв'язне DCE – роз'ємом з отворами.

Таблиця 1.1. Основні технічні характеристики окремих послідовних інтерфейсних каналів зв'язку.

Тип інтерфейсу	Технічні характеристики				Число периферійних пристроїв, що підключаються
	Довжина лінії зв'язку, м	Швидкість передачі даних, Кбіт/с	Режим обміну	Лінія	
RS-232C	15	20	симплексний	однопровідна не узгоджена	1
RS-423	9 90 1200	100 10 1	симплексний	однопровідна не узгоджена	1
RS-422	12 120 1200	10 Мбіт/с 1 Мбіт/с 100	напівдуплексний, симплексний	диференційна погоджена	10
RS-485	12 120 1200	10 Мбіт/с 1 Мбіт/с 100	напівдуплексний, симплексний	диференційна погоджена	32

Таблиця 1.2. З'єднання двох пристроїв за допомогою послідовного інтерфейсу RS-232C.

Позначення кола	DB9S	DB25S	Напрямок сигналу		DB25S	DB9S	Позначення кола
			DTE	DCE			
TD	3	2	→		2	3	TD
RD	2	3	←		3	2	RD
DTR	4	20	→		20	4	DTR
DSR	6	6	←		6	6	DSR
RTS	7	4	→		4	7	RTS
CTS	8	5	←		5	8	CTS
DCD	1	8	←		8	1	DCD
RI	9	22	←		22	9	RI
SG	5	7	-----		7	5	SG

Примітка: DTE –термінальне обладнання (комп'ютер);
DCE – зв'язне обладнання (модем)

Таблиця 1.3. Призначення послідовних інтерфейсів RS-232C та «Стик-2».

Позначення кола		Контакт роз'єму		Напрямок (Увід/вивід)	Назва кола
RS232	Стик 2	DB25S	DB9S		
PG	101	1	-	-	Protakt ground –захисна земля
TD	103	2	3	вивід	Transmit data – дані, що передаються
RD	104	3	2	увід	Receiv data – дані, що приймаються
RTS	105	4	7	вивід	Request to send – запит передачі
CTS	106	5	8	увід	Clear to send – готовність модема прийняти дані для передачі

DSR	107	6	6	увід	Data set ready – готовність модему до роботи
SG	102	7	5	-	Signal ground – схемна земля
DCD	109	8	1	увід	Data carrier detected – несуча частота виявлена
DTR	108/2	20	4	вивід	Data terminal Ready – готовність передавача до роботи
RI	125	22	9	увід	Ring indicator – індикатор виклику

Рівні інформаційних сигналів RS-232C відрізняються від рівнів сигналів МПС. Логічний нуль (SPACE) відповідає позитивній напрузі в діапазоні від +3 до +25В, логічна одиниця (MARK) – негативній напрузі на рівні від -3 до -25В.

Фізично RS-232C – це мікрокомп'ютерний інтерфейс, в якому перша мікросхема, що програмується, послідовного вводу здійснює необхідні паралельно-послідовні і послідовно-паралельні перетворення даних. Друга і третя забезпечують зсув рівнів для трьох вихідних сигналів TD, RTS і DTR, а четверта – для трьох вхідних сигналів RD, CTS і DSR. Друга і третя мікросхеми живляться напругою $\pm 12В$. Узагальнені схеми зовнішніх стандартних інтерфейсів наведені на рис. 1.10.

Згідно рис. 1.10 в RS-232C для передачі сигналу використовується один провідник (однопровідна неузгоджена лінія), напруга на якому зрівнюється в приймачі з напругою лінії «загальна земля», загальної для всіх інших сигнальних провідників. Цей спосіб побудови лінії найбільш простіший, але має істотний недолік: на інформаційний сигнал накладаються перешкоди в лінії, що не дозволяє використання його на великій відстані.

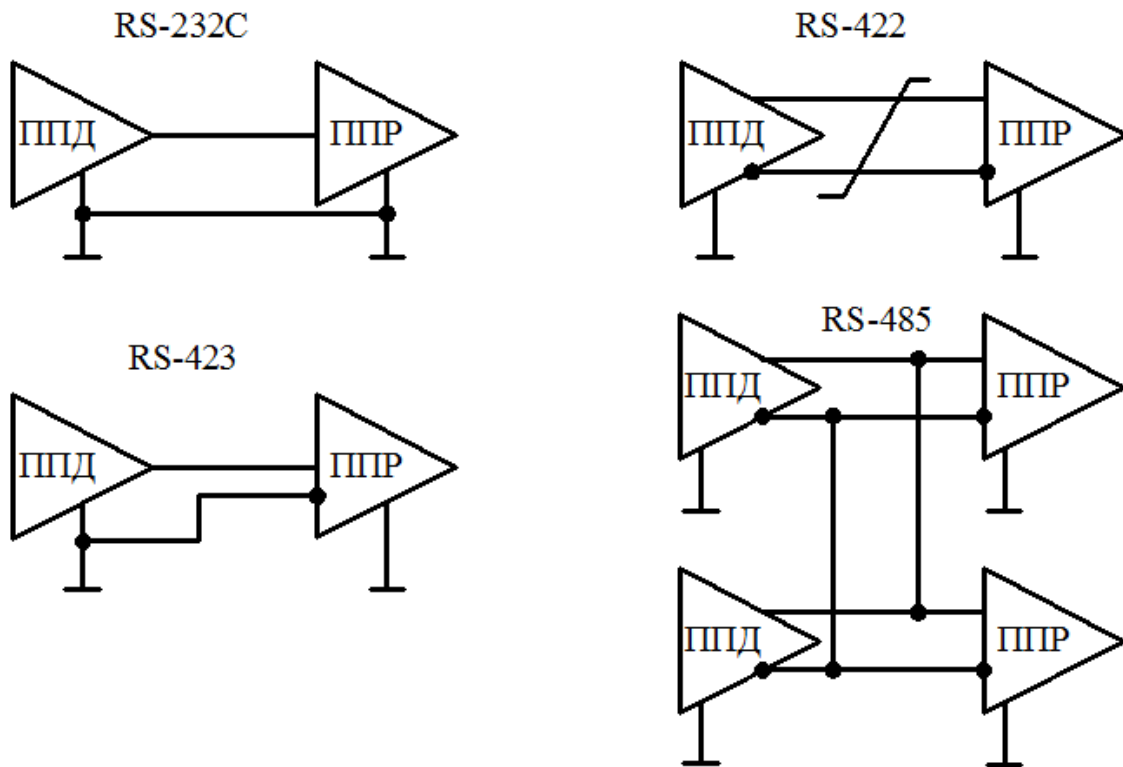


Рис.1.10. Загальні схеми інтерфейсних зв'язків: ППД, ППР – відповідно підсилювачі передавача та приймача сигналу.

У сучасних системах керування стандарт інтерфейсу RS-232C отримав подальший розвиток у вигляді таких модифікацій як RS-422, RS-423 і RS-485. При цьому апаратна реалізація суттєво не вплинула на протоколи обміну.

Інтерфейс RS-422 базується на симетричній диференціальній лінії (вита пара, радіочастотний кабель), яка має більш прийнятні характеристики, ніж однопровідна лінія (див.табл.1.1). Диференціальний режим досягається застосуванням диференціального передавача, погодженої лінії зв'язку у вигляді витої пари і диференціального приймача. RS-422 – це збалансований інтерфейс, тобто кожний сигнал (а їх всього два – TD і RD) представлений двома сигнальними лініями, якими передається парафазна амплітуда. Сигнал передавача з'являється на вході приймача у вигляді різниці напруги, тоді як перешкоди в лінії залишаються синфазними. Завдяки цьому диференціальний приймач із достатнім діапазоном заглушення синфазної складової може відрізнити сигнал від перешкоди. RS-423 відрізня-

ється від RS-422 тим, що він незбалансований, тобто його лінія (позитивна) накоротко з'єднана з корпусом, а RS-485 на відміну від RS-422 забезпечує підтримку багато точкового підключення. Слід відзначити що RS-422 дозволяє поряд із симплексним режимом передачі організувати напівдуплексний режим (див.рис.1.11) і мультиплексний режим послідовної передачі.

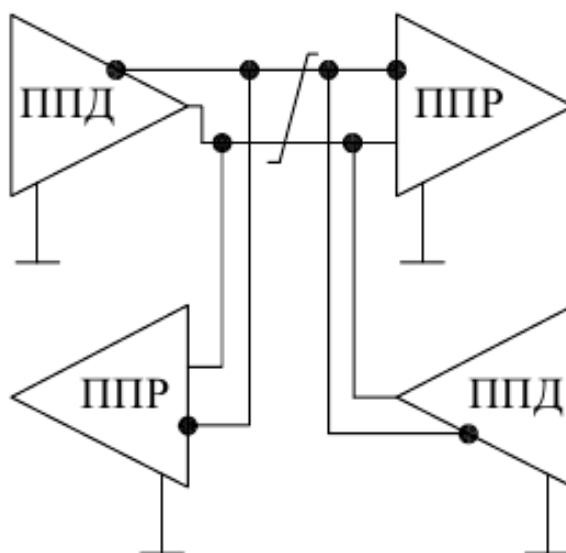


Рис.1.11. Схема симетричної диференціальної лінії зв'язку з напівдуплексним каналом передачі інформації.

Інтерфейс «струмова петля» відноситься до класу універсальних двохточкових радіальних інтерфейсів послідовного доступу до системи, для якого немає офіційного стандарту. Він забезпечує асинхронну передачу інформації постійним струмом («струмова петля») по чотирьохпровідному дуплексному зв'язку, або по двохпровідному симплексному зв'язку (в одному напрямку) від передавача до приймача. Дозволяє здійснити зв'язок фізичними лініями на відстань до 3 км без використання апаратури передачі даних (модемів). При цьому схеми передавача і приймача мають бути гальванічно розв'язані для усунення впливу зовнішніх перешкод. Послідовні дані від джерела до приймача передаються побітно і побайтно асинхронним способом сигналами постійного струму. Струм, що перевищує 17 мА

представляє логічну одиницю, а струм менший ніж 2 мА – логічний нуль (пробіл). Один з взаємодіючих пристроїв має бути активним і служити джерелом струму, і інший – пасивним (приймачем). Максимальна швидкість передачі сигналів «струмовою петлею» – 9600 біт/с при довжині лінії до 300 м.

Слід відзначити, що кожний ЗВП характеризується своїм набором дій при ввіді-виводі, тому засоби інтерфейсу у кожному випадку також мають бути різними. При цьому, схемна реалізація (чи протокол), у відповідності з яким відбувається обмін даними, має бути побудована спеціальним чином для кожного типу ЗВП, що обумовило велике різноманіття локальних інтерфейсів і протоколів, що використовуються у промислових мережах АСКТП з різним рівнем складності її технічної структури.

Інтерфейс системний (локальних мереж) являє собою комунікаційну мережну систему, яка з'єднує за допомогою різних видів кабельного зв'язку декілька ПК, що дозволяє користувачам спільно використовувати ресурси цих ПК (робочих станцій): програми, файли, папки, а також периферійні пристрої (принтери, плотери, диски і т.п.). Структура локальної мережі (топология) може бути різноманітною (шина, зірка, кільце, дерево), характерна особливість яких більш детально розглянута у підрозділі 2.2.

Локальна мережа може бути одноранговою та виконаною на основі серверу. Для однорангової локальної мережі притаманна, як правило, шинна топология. Така мережа підтримує рівноправність всіх ПК і дозволяє користувачам самостійно вирішувати, які ресурси свого ПК мають бути загальнодоступні. Локальна мережа на основі серверу забезпечує підвищення продуктивності, а також більшу надійність збереження інформації у мережі за рахунок виділення декількох ПК для збереження файлів чи програм-додатків. Такі ПК називають серверами, а локальну мережу – мережею на основі серверів. У якості прикладу на рис.1.12 наведена схематично мережа на основі сервера з топологияю «зірка».



Рис.1.12. Структурна схема локальної мережі на основі сервера.

У якості серверу використовується зазвичай спеціальний керуючий комп'ютер, що забезпечує зберігання даних для цієї мережі, підключення периферійних пристроїв, централізоване керування усією мережею та визначення маршрутів передачі інформації. Кожний ПК (робоча станція), що підключений до локальної мережі, повинен мати мережний адаптер. Останній становить собою спеціальну PCI-плату для забезпечення передачі і прийому інформації з мережі. Насьогодні ще використовуються ISA-плати. З боку задньої панелі системного блоку ПК на виході мережної плати є спеціальний роз'єм (порт) для підключення ПК до локальної мережі. З'єднання ПК (мережних адаптерів) між собою здійснюється за допомогою кабельного каналу зв'язку, у якості якого можуть бути коаксіальний, «вита пара», оптоволоконний. Коаксіальний кабель з екраном (одно- чи багатоканальний) забезпечує швидкість передачі до 44 Мбіт/с. Кабель «вита пара» екранована різних категорій виконання дозволяє передати інформацію зі швидкістю від 100 Мбіт/с і вище, а оптоволоконний кабель забезпечує зв'язок зі швидкістю передачі понад 10 Гбіт/с.

Існують і безпроводні локальні мережі, у яких інформація між ПК здійснюється за допомогою інфрачервоних променів. Проте вони мають суттєві недоліки, пов'язані із наявністю перешкод, що утворюються іншими джерелами з такою ж частотою, а також через складність захисту даних від несанкціонованого доступу, оскільки повідомлення передавача у такому разі може сприймати будь-який приймач, що настроєний на таку саму частоту випромінювання.

Для об'єднання робочих станцій, мережних принтерів, серверів у єдину локальну мережу використовуються мережні концентратори (Hubs) або мережні комутатори (Switch).

Кожен концентратор має від 4 до 32 роз'ємів (портів) для підключення мережних пристроїв або інших концентраторів. До кожного порту може бути підключений тільки один пристрій. Інформація, передана з одного комп'ютера на інший, проходить через концентратор. Концентратор не може визначити джерело або місце призначення отриманих даних, тому пересилає їх усім підключеним до нього комп'ютерам, включаючи і той, з якого була відправлена інформація. Концентратор може або передавати, або отримувати дані, але не може робити і те й інше одночасно.

Комутатори працюють таким же чином, як і концентратори, але при цьому можуть визначити місце призначення отриманих даних, тому передають їх тільки тим комп'ютерам, яким ці дані призначаються. Комутатори можуть отримувати і передавати дані одночасно, тому вони працюють швидше концентраторів. Якщо в мережі передбачається передача великих обсягів даних, переважно використання комутатора. Кількість портів комутатора від 5 до 48.

Роботою ПК (робочих станцій) у локальній мережі керують програми, у якості яких використовуються мережні протоколи. Останнім часом найбільш широко застосовуються так звані пакетні протоколи. При використанні протоколів цього типу дані, якими обмінюються ПК поділяються на невеликі блоки. При цьому, кожний блок як би укладається у «конверт» (інкапсулюється), в результаті чого утворюється пакет, що містить як самі дані, так і службову ін-

формацію: від кого відправлений, кому призначений, який пакет повинен прямувати за ним та інше. Paketний протокол забезпечує циркуляцію пакетів у мережі, а також отримання їх адресатом та зборку. Кожна робоча станція періодично підключається до мережі і перевіряє пакети, що надходять. Ті, що адресовані їй, вона зчитує (забирає), а інші пересилає далі.

Таким чином, функціонування будь-якої локальної мережі ґрунтується за наступними принципами: кожен ПК, що підключений до мережі, має свій особистий номер (ідентифікатор); інформація від кожного ПК надходить у мережу у вигляді окремих порцій (пакетів); пакет забезпечується інформацією про те, для якого ПК він призначений; пакет вільно пересувається по мережі, при цьому його адреса частина порівнюється з ідентифікатором кожного ПК та у разі збігу повідомлення передається відповідному ПК.

2. ТЕХНІЧНА СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СКЛАД АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Сучасні промислові АСКТП характеризуються різною структурною організацією та інформаційною потужністю, що визначається в основному складністю технологічного об'єкту керування. При цьому збільшення кількості технологічних об'єктів обумовлює необхідність побудови більш гнучкої і багаторівневої структури, що вимагає додаткової кількості мережних зв'язків, різноманіття типів зв'язку (топология) на кожному рівні мережі (шина, зірка, кільце) та параметрів мережі кожного рівня (типів кабелю, припустимих відстаней, максимальної кількості компонентів системи, що підключаються до кожної мережі, швидкості передачі інформації, методів доступу компонентів до мережі – випадковий у часі доставки повідомлень чи з гарантованим часом доставки). Проте, незважаючи на різноманіття структурної організації АСКТП, можна виділити декілька функціональних елементів, що притаманні будь-якій із них. Це насамперед промислові мережі, програмуємі логічні контролери чи контролери на базі РС, інтелектуальні пристрої зв'язку з об'єктом, робочі станції і сервери різного призначення, прикладне програмне забезпечення.

2.1. Варіанти технічної структури АСКТП

Технічна структура АСКТП, що забезпечує розв'язання задач в об'єктах керування різного ступеню складності, може бути централізована (локальна), децентралізована (розподілена) та багаторівнева.

Централізована структура АСКТП, що представлена на рис.2.1, є однією з найпростіших, у якій всі функціональні можливості чітко розподілені на два рівні.

Перший рівень складають контролери, другий рівень – пульт оператора, який може бути представлений робочою станцією чи промисловим комп'ютером. Рівень контролерів у локальній структурі забезпечує: збір сигналів від датчиків, встановлених на об'єкті керу-

вання; попередню обробку сигналів (фільтрація та масштабування); реалізацію алгоритмів керування і формування керуючих сигналів на виконавчі пристрої об'єкту керування; передачу та прийом інформації з промислової мережі. Пульт оператора формує мережні запити для контролерів нижнього рівня, отримує від них оперативну інформацію про хід технологічного процесу, відображує на екрані монітору значення параметрів про хід технологічного процесу у зручному вигляді для оператора, здійснює довготривале збереження динамічної інформації (ведення архіву) про хід процесу, здійснює корекцію необхідних параметрів алгоритмів керування та уставок регуляторів у контролерах нижнього рівня. Однак, така структура стає малоефективною при складних об'єктах, що становлять агрегати з декількох технологічних дільниць, розташованих на значній відстані, бо при цьому значно збільшуються витрати на реалізацію з'єднань пульта оператора з контролерами, контролерів з датчиками і виконавчими пристроями (витрати на канали зв'язку), та виникає можливість виходу з ладу всієї системи у разі відмови комп'ютера пульта оператора, або у разі зіпсування мережі контролерів.

Децентралізована структура (розподілена) АСКТП дозволяє уникнути вказаних вище недоліків. Один з найбільш поширених варіантів такої більш надійної структури якої наведений на рис.2.2.

У разі застосування клієнт-серверної структури АСКТП розподіл процесів керування і контролю по декільком комп'ютерам, об'єднаних у локальну мережу, дозволяє підвищити ефективність і швидкість роботи усієї системи та спростити створення резервних систем. Резервування більшості компонентів АСКТП підтримує, наприклад, програмне забезпечення для керування виробничими процесами (SCADA-система). В такій структурі комп'ютер, що з'єднаний з промисловим обладнанням, набуває статусу сервера, призначеного для взаємодії з контролерами (вузлами), в той час як комп'ютери локальної мережі є клієнтами. Коли комп'ютеру-клієнту (робоча станція) потрібні дані для відображення, то він запитує їх у сервера, той їх надає, а потім обробляє локально. До того ж клієнт

може запитувати декілька вузлів, а сервер – декілька клієнтів. Робочі станції цього (2-го) рівня координують сумісну роботу дільниць у межах технологічного процесу та забезпечують схемну реалізацію і контроль виконання системи блокувань між окремими дільницями, контроль стану дільниць, контроль вхідних (на початку дільниці) і вихідних (на виході з дільниці) параметрів технологічного процесу. Підвищення надійності клієнт-серверної структури досягається встановленням дублюючого (резервного) серверу вводу-виводу, призначеного також для взаємодії з промисловим обладнанням. За такого дублювання, якщо основний сервер виходить з ладу, то запити клієнтів спрямовуються до резервного серверу. Цей сервер не повинен повністю дублювати роботу основного, оскільки у такому разі обидва сервера будуть взаємодіяти з контролерами у двічі збільшуючи навантаження на промислову мережу, скорочуючи, таким чином, загальну продуктивність. Як правило, в клієнт-серверній структурі з контролерами взаємодіє лише основний сервер. Одночасно він обмінюється даними з резервним сервером, постійно оновлюючи його статус. У разі, якщо обмін даними з основним сервером призупиняється, то резервний сервер вважає, що основний вийшов з ладу і бере на себе його функції.

У випадку, коли усі ділянки технологічного процесу є критично важливими або вартість виробництва доволі висока застосовується резервування мережі. Використання додаткової резервної мережі (див. рис.2.3) забезпечує стабільність роботи системи у разі виходу з ладу основної мережі. Іноді підвищують надійність і резервуванням зв'язку з контролером за рахунок застосування додаткового зв'язку між сервером вводу-виводу і контролером.

Багаторівнева структура АСКТП застосовується у разі збільшення інформаційної потужності (кількості вхідних і вихідних параметрів) в об'єктах керування, розширення кола задач, необхідних для розв'язання, підвищення вимог до показників надійності. Приклад такої структури наведений на рис.2.4.

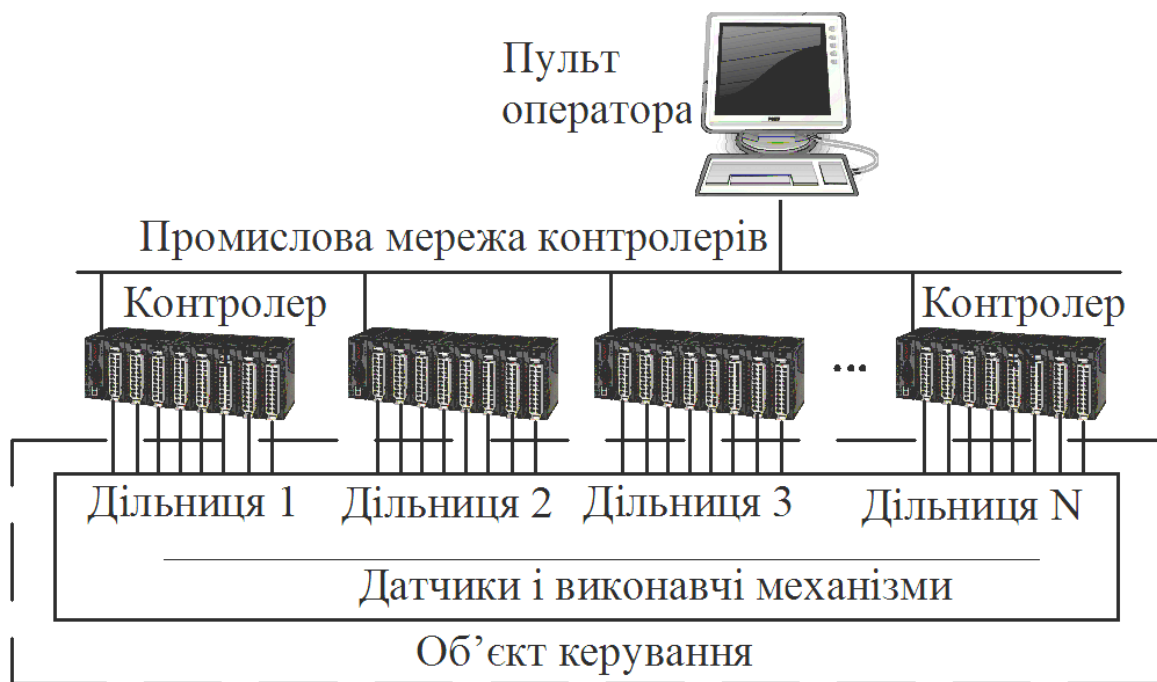


Рис.2.1. Централізована (локальна) структура АСКТП.

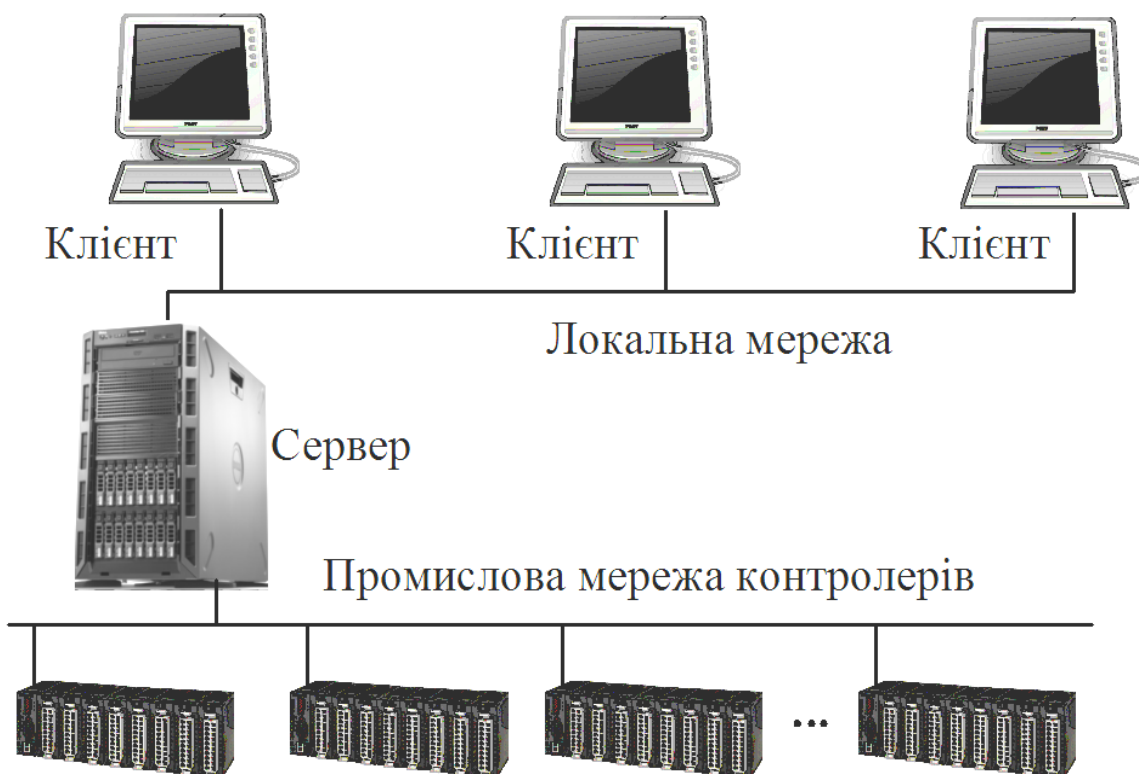


Рис.2.2. Клієнт-серверна структура розподіленої АСКТП.

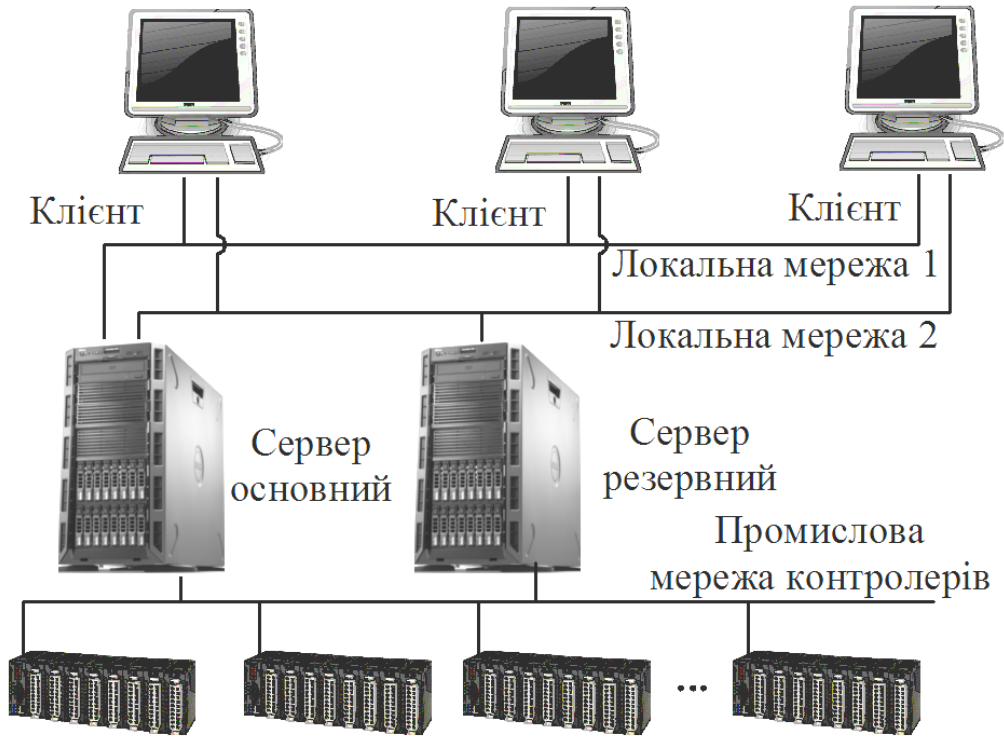


Рис.2.3. Структура АСКТП з резервуванням мережі.

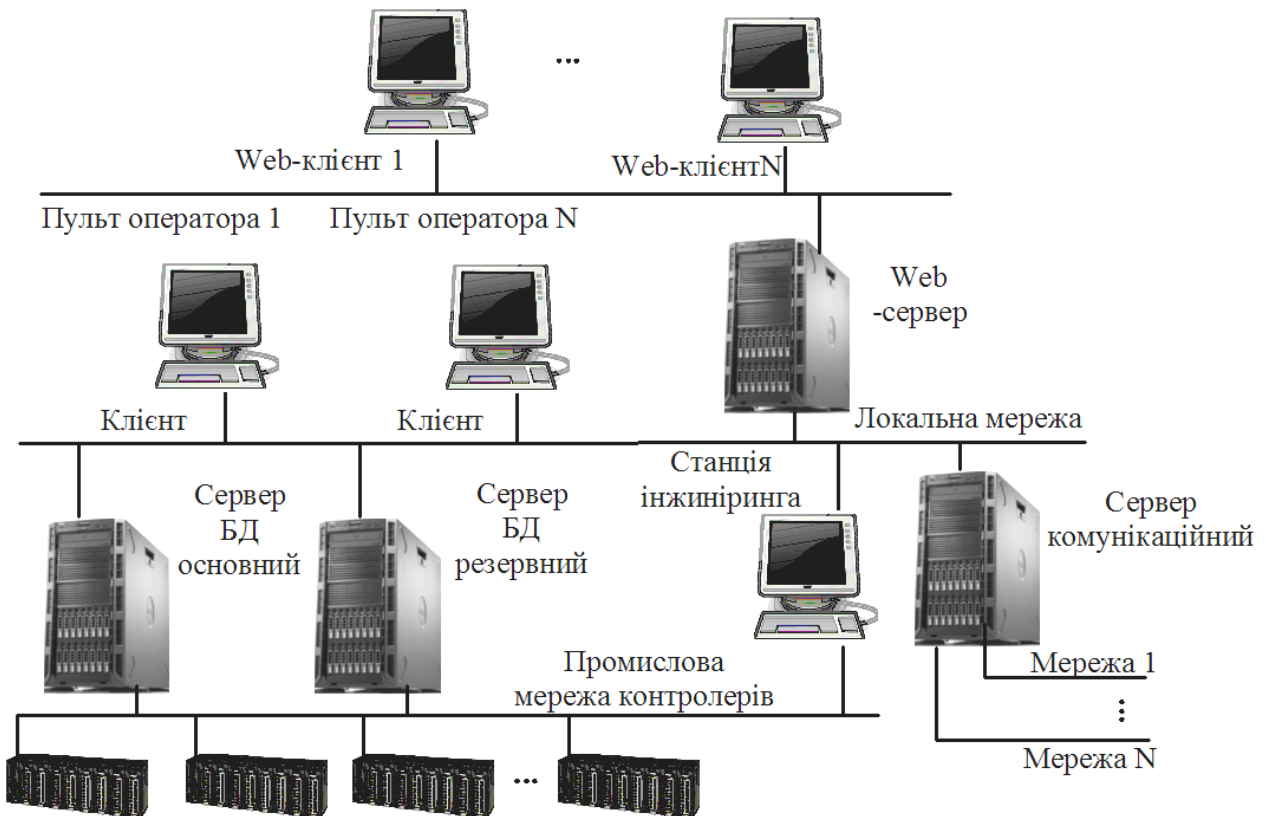


Рис.2.4. Багаторівнева ієрархічна структура АСКТП.

Використання у цій структурі клієнт-серверної архітектури дозволяє підвищити ефективність і швидкість роботи цієї системи, підвищити надійність і живучість системи за рахунок резервування серверів, робочих станцій (пульти оператора), територіальним розподілом задач, необхідних для їх розв'язання.

На відміну від розглянутих вище дворівневих структур, структура, що зображена на рис.2.4 характеризується 3-ім рівнем, до якого входить комп'ютерне обладнання (Web-сервер, Web-клієнт) з програмним забезпеченням для керування технологічними процесами на базі сучасних Internet-технологій. Застосування Internet-технологій в АСКТП забезпечує можливість публікації на Web-серверах інформації про хід технологічного процесу та всіляких підсумкових звітів. Web-сервери дозволяють здійснювати взаємодію з сервером бази даних (БД), що зберігає необхідну інформацію про процес, для передачі інформації (планових завдань та режимів роботи ділянок технологічної лінії). Крім того, такий підхід дозволяє клієнту через браузер (Internet-оглядач) робити необхідні запити до бази даних та мінімізувати затрати, бо відпадає необхідність в установці на боці клієнту додаткового програмного забезпечення, крім звичайних програм браузерів. За допомогою станції інжинірингу здійснюється обслуговування контролерів: програмування, наладка, настроювання. У деяких структурах АСКТП станції інжинірингу дозволяють виконувати технічне інженерне обслуговування робочі станцій.

Слід відзначити, що вищенаведені структури притаманні усім сучасним програмно-технічним комплексам (ПТК), які випускаються приладобудівними підприємствами.

2.2. Промислові мережі

Мережі, що забезпечують інформаційні потоки між контролерами, датчиками сигналів і різноманітними виконавчими пристроями, поєднуються загальною назвою «промислові мережі» (Field Bus чи «польова шина»). Характерна особливість сучасних мереж – розподілений характер функцій та цифровий спосіб обміну даними між

вузлами мережі (контролери, інтелектуальні пристрої вводу-виводу та ін.). Використання промислової мережі дозволяє розташувати вузли з максимальним наближенням до кінцевих пристроїв (датчики, виконавчі пристрої), завдяки чому довжина аналогових ліній скорочується до мінімуму. Кожен вузол промислової мережі є інтелектуальним пристроєм і виконує декілька функцій: прийом команд та даних від інших вузлів промислової мережі; зчитування даних з підключених датчиків; перетворення отриманих даних у цифрову форму; відпрацьовування запрограмованого технологічного алгоритму; видача керуючих впливів на підключені виконавчі пристрої за командою іншого вузла чи згідно технологічного алгоритму; передача накопиченої інформації на інші вузли мережі.

З метою розв'язання проблеми взаємодії відкритих мережних систем з різними видами обчислювального обладнання і стандартами протоколів у 1978 році Міжнародною організацією із стандартизації (ISO) на противагу закритим мережним системам (виробляє і підтримує тільки один виробник) була запропонована «Модель взаємодії відкритих систем» (ISO-модель, ISO/OSI Model).

OSI-модель взаємозв'язку відкритих мережних систем розподіляє мережні функції у відповідності з табл. 2.1 по семи рівням протоколів.

Усе, що перебуває вище 7-го рівня моделі, це задачі, що розв'язуються у прикладних програмах. OSI-модель дозволяє використовувати вже існуючі протоколи різних фірм-виробників для реалізації промислових мереж АСКТП різної архітектури.

Практичний досвід побудови АСКТП свідчить, що більшість промислових мереж підтримується тільки трьома рівнями, а саме фізичним, каналним і прикладним.

Слід відзначити, що дешеві мережі (наприклад, Modbus) як правило використовують на фізичному рівні RS-232 чи RS-485, а всі інші задачі, починаючи з каналного рівня, розв'язують програмним шляхом. Як виключення існують протоколи промислових мереж, що

реалізують усі сім рівнів OSI-моделі, наприклад LonWorks та Ethernet.

Таблиця 2.1. Рівні протоколів та їх мережні функції

Рівень OSI-моделі	Найменування рівня	Функціональне призначення
7	Прикладний (Application Layer)	Виконання прикладних програм (адміністративне керування мережею, керування технологічними процесами й транспортними засобами різного призначення)
6	Представницький (Presentation Layer)	Перетворення у разі необхідності форматів даних до виду зручному для прикладних процесів.
5	Сеансовий (Session Layer)	Координація між вузлами мережі (організація і проведення сеансів зв'язку між прикладними процесами, тобто обчислювальними і керуючими програмами).
4	Транспортний (Transport Layer)	Керування передачею (пересиланням) даних (пакетів) між об'єктами мережі.
3	Мережний (Network Layer)	Відповідає за адресацію і доставку пакету даних за оптимальним маршрутом.
2	Канальний (Data Link Layer)	Визначає порядок підключення (з'єднання) і відключення (роз'єднання) каналів зв'язку, захист від помилок (перекручувань) при передачі даних.
1	Фізичний (Physical Layer)	Забезпечує фізичні характеристики каналу зв'язку і параметри сигналів, наприклад, частота передачі, довжина і тип лінії, тип штекерного роз'єму і т.ін.

Велике різноманіття відкритих промислових мереж, інтерфейсів і протоколів пов'язано з великою кількістю вимог щодо автоматизуємих технологічних процесів. Ці вимоги не можуть бути задоволені універсальним та економічно-оптимальним рішенням. Тому вже зараз зрозуміло, що жодна з існуючих мереж не стане єдиною, поховавши усі інші.

Як вже відзначалось раніше технічні структури АСКТП обумовлені різним способом об'єднання пристроїв у мережу, тобто її топологію.

Топологія мереж відрізняється одна від одної трьома основними критеріями: режимом доступу до мережі, засобами контролю передачі й відновлення даних; можливістю зміни числа вузлів мережі. Існують три основні топології – це зірка, кільце і шина, порівняльні характеристики яких зведені до табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Порівняльні характеристики основних мережних технологій

Порівняльні характеристики	Мережна топологія		
	Зірка	Кільце	Шина
Режим доступу	Доступ та керування через центральний вузол	Децентралізоване керування, доступ від вузла до вузла	Можливий централізований та децентралізований доступ
Надійність	Збій роботи центрального вузла призводить до збою всієї системи	Розрив лінії зв'язку зумовить збій всієї мережі	Помилка в роботі одного вузла не викликає збою у всій мережі
Можливість розширення	Обмежено кількістю фізичних портів на центральному вузлі	Можливе розширення кількості вузлів, але швидкодія мережі зменшується	Можливе розширення кількості вузлів без втрати швидкості передачі даних

Топологія «зірка» характерна для радіальної структури АСКТП, у якій вся інформація від периферійних станцій (контролери) передається тільки через деякий центральний вузол (пульт оператора). При цьому периферійні станції не мають прямих інформаційних зв'язків поміж собою – будь які повідомлення від однієї станції до іншої проходять через центральний вузол. Надійність і живучість такої топології, а отже і АСКТП визначається надійністю центрального вузла.

Топологія «кільце», характерна для кільцевої структури АСКТП, у якій інформація передається від вузла до вузла фізичним кільцем. Інформація у формі кадрів циркулює у кільцевій мережі тільки в одному напрямку. Кожен вузол є ретранслятором кадру, що надходить, незалежно від його адреси. В кільцевій шині можуть знаходитись одночасно декілька кадрів, що пересуваються з однаковою швидкістю від одного вузла до іншого. Керування передачею інформацією здійснюється мережним програмним забезпеченням. При цьому кожен вузол на певний проміжок часу отримує функції керуючого контролера, а відмова в роботі хоча б одного вузла приводить до порушення роботи кільця та зупинки всіх передач.

Топологія «шина» характерна для магістральної структури АСКТП, у якій всі пристрої паралельно приєднані до загального середовища передачі даних або шини. На відміну від «кільця» адресат (абонент) одержує свій інформаційний пакет без посередників. Процес підключення додаткових вузлів до шини не вимагає апаратних доробок з боку вже працюючих вузлів мережі. Однак ця топологія вимагає твердої регламентації доступу до середовища передачі, за якої може бути два варіанти: з контрольованим доступом до шини або з самовизначенням доступу до шини кожним пристроєм.

Вибір типу промислової мережі залежить насамперед від рівня автоматизації, для якого цей вибір здійснюється. У залежності від місця мережі в ієрархії промислового підприємства вимоги до її функціональних характеристик будуть різними. Ієрархія АСК промисловим підприємством становить собою як правило три поверхневу

піраміду: рівень керування підприємством, рівень керування технологічним процесом і рівень керування пристроями.

На рівні керування підприємством розташовуються звичайні комп'ютери і файлові сервери, що об'єднані локальною мережею. Задача обчислювальних систем на цьому рівні – забезпечення візуального контролю основних параметрів виробництва, побудова звітів, архівування даних. При цьому обсяги даних, що підлягають передачі, поміж вузлами вимірюються мегабайтами, а часові показники обміну інформацією не є критичними.

На рівні керування технологічними процесами здійснюється поточний контроль і керування або в ручному режимі з операторських пультів, або в автоматичному режимі за визначеним алгоритмом. При цьому виконується узгодження параметрів окремих ділянок виробництва, відпрацьовування аварійних і передаварійних ситуацій, параметризація контролерів нижнього рівня, завантаження технологічних програм, дистанційне керування виконавчими пристроями. Інформаційний кадр на цьому рівні містить, як правило, декілька десятків байтів, а припустимі часові затримки можуть складати від 100 до 1000 мс у залежності від режиму роботи.

На рівні керування пристроями розташовані контролери, що здійснюють безпосередній збір даних від датчиків та керування виконавчими пристроями. Обсяг даних, якими контролер обмінюється з кінцевими пристроями, як правило становить декілька байтів за швидкості опитування пристроїв не більше 10 мс.

На сьогодні існує велика кількість різноманітних промислових мереж, тому доцільно розглянути лише характеристики, властивості й області застосування найбільш відомих з них.

Найбільш поширені промислові мережі, що розглядаються нижче, завдяки використанню принципів відкритих систем забезпечують інтеграцію обчислювальних пристроїв різних виробників в одну мережу.

AS-інтерфейс (Actuators/Sensors interface) – інтерфейс виконавчих пристроїв і датчиків) є відкритою промисловою мережею ниж-

нього рівня систем автоматизації, що призначена для організації зв'язку з виконавчими пристроями та датчиками. AS-інтерфейс дозволяє підключати датчики та виконавчі пристрої до системи керування на основі побудови мережі з використанням двожильного кабелю без екрану, за допомогою якого одночасно забезпечується як живлення усіх мережних пристроїв, так і циклічне опитування датчиків та видача команд на виконавчі пристрої. Деякі технічні характеристики системи автоматизації на базі AS-інтерфейсу представлені у табл. 2.3.

Таблиця 2.3. Окремі технічні характеристики AS-інтерфейсу

Топологія	Шина, деревовидна, зірка, кільце
Число ведених пристроїв	До 62
Можлива кількість для підключення датчиків та виконавчих пристроїв	До 4 датчиків та 3 виконавчі пристрої на один ведений пристрій. До 248 датчиків та 186 виконавчих пристроїв на один ведучий пристрій.
Максимальна довжина лінії зв'язку	Без повторювачів / розширювачів до 110 м. З повторювачем / розширювачем до 300 м.
Електроживлення	Через шину AS-інтерфейсу: 2,8 А (ном). 8 А (макс) при 29,5 ÷ 31,6 В.
Час циклу оновлення даних	При 31 веденому пристрої – не перевищує 5 мс. При 62 ведених пристроях – не перевищує 10 мс.
Швидкість передачі даних	До 53 кбіт/с при загальній пропускній здатності 167 кбіт/с.

За наявності у системі автоматизації спеціальних модулів AS-інтерфейс дозволяє підключати звичайні широко відомі датчики та виконавчі пристрої. Крім того, на сьогодні істотно поширюється но-

менклатура датчиків та виконавчих пристроїв із вмонтованою в них електронною частиною інтегральної мікросхеми веденого пристрою AS-інтерфейсу.

Логічним центром будь-якої топології ASibus є ведучий пристрій (master-вузол), який контролює усю роботу мережі (рис.2.5) та організує обмін даними з PLC. При цьому AS- інтерфейс забезпечує передачу як даних, так і живильного навантаження до вузлів мережі, оскільки існує велика кількість фотоелектричних та індуктивних датчиків. У якості ASI-master може бути застосований широкий спектр контролерів, через які організуються шлюзи у промислові мережі більш високого рівня (PROFIBUS, INTERBUS та ін.). Часто ASI-master становить собою окрему плату контролера чи комп'ютера. Приклад комбінованої мережі наведено на рис.2.6, у якій за рахунок повторювача/розширювача (Repeater) може бути збільшена довжина мережі і кількість вузлів.

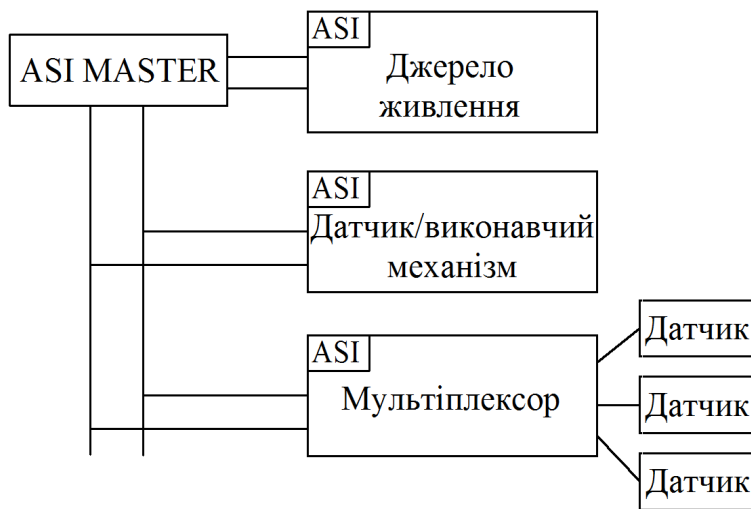


Рис.2.5. Спрощена схема ASI-мережі.

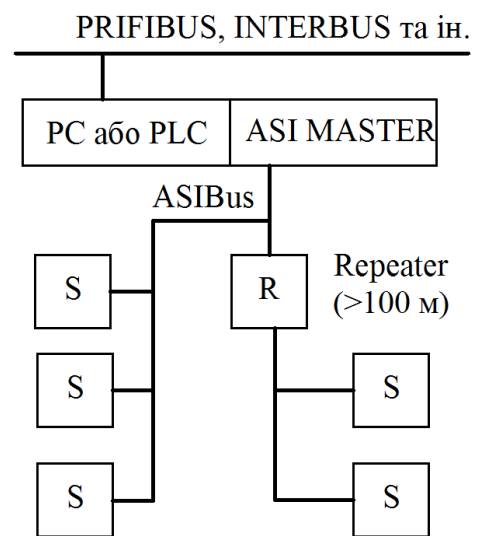


Рис.2.6. Комбінована ASI-мережа: S – ведені пристрої (slave).

Більша частина компонентів мережі підключається методом проколювання ізоляції кабелю, і зробити це можливо практично у будь-якій точці з'єднувального кабелю, що забезпечує гнучкість ар-

хітектури мережі та зменшує строки монтажу. Локальна обчислювальна система нижнього рівня на базі AS-інтерфейсу може мати лише один ведучий пристрій (master), до якого і підключаються ведені пристрої (slave). Гнучкість керування системою досягається за рахунок застосування різних ведучих пристроїв. Функції ведучих пристроїв можуть виконувати PLC, промислові РС чи модулі зв'язку (шлюзи) з мережами більш високого рівня (ModBus, CANopen, Profibus та ін.)

HART-протокол (Highway Addressable Remote Transducer) був розроблений американською компанією Rosemount і ґрунтується на методі передачі даних за допомогою частотної модуляції. Наочна ілюстрація цього методу може бути представлена у вигляді рис. 2.7.

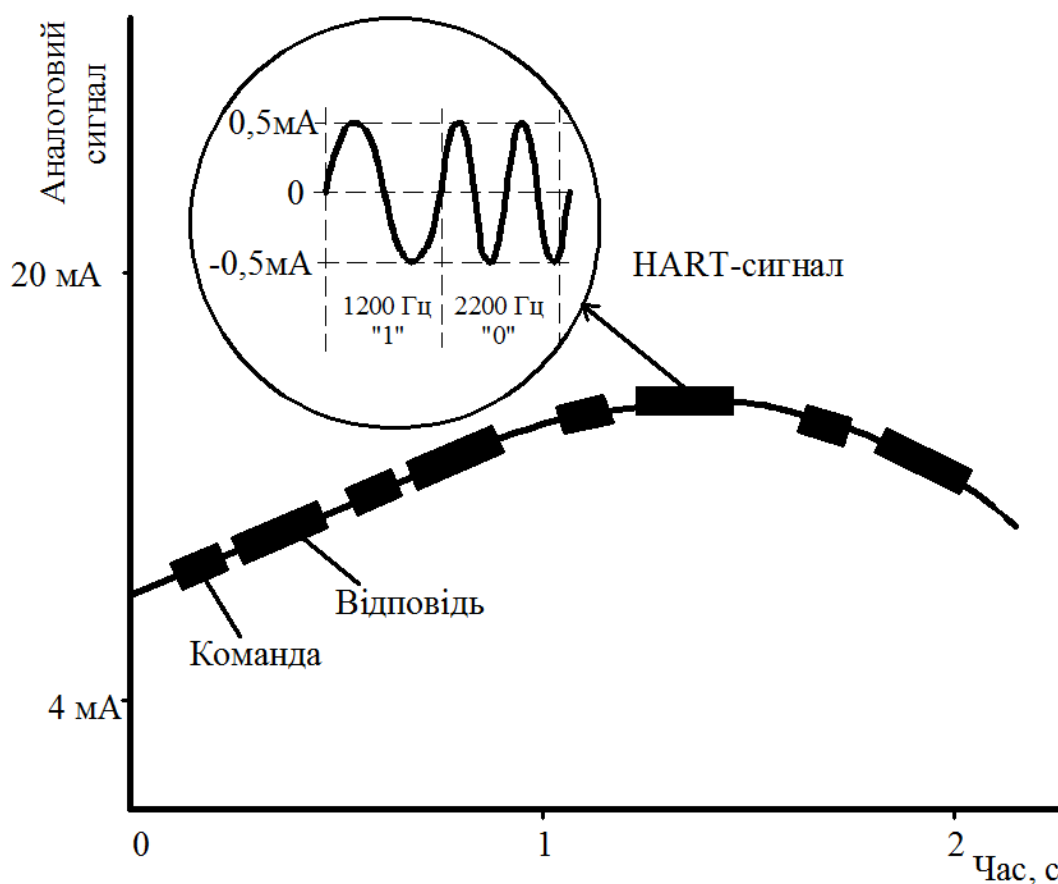


Рис.2.7. Ілюстрація методу передачі даних частотною модуляцією.

При цьому цифровий сигнал передається частотами 1200 Гц (логічна 1) та 2200 Гц (логічний 0), які накладаються на аналоговий струмовий сигнал. Частотно-модульований сигнал є двополярним і при використанні відповідної фільтрації не викривлює основний аналоговий сигнал 4÷20 мА. Деякі технічні показники, що визначаються стандартом на HART-протокол, наведені у табл. 2.4.

Таблиця 2.4. Окремі технічні параметри; які визначаються стандартом на HART-протокол

Топологія	Точка-точка (стандартна) чи шина
Максимальна кількість пристроїв	Один ведений і два ведучих пристрої (стандартний режим). 15 ведених і 2 ведучих пристрої (багатоточковий режим з віддаленим живленням)
Максимальна довжина лінії зв'язку	3 км (стандартний режим) 100 м (багатоточковий режим).
Тип лінії	Екранована вита пара
Інтерфейс	4÷20 мА, струмова петля (аналоговий).
Час циклу оновлення даних	Біля 500 мс (в пакетному режимі – 330 мс).
Швидкість передачі даних	1,2 кбіт/с.

HART-протокол може використовуватись у двох режимах підключення. Найчастіше застосовується стандартний варіант «точка-точка», тобто безпосереднє з'єднання пристрою локальної (низової) автоматики (датчика, виконавчого пристрою, перетворювача інформації) і не більше двох ведучих пристроїв. Структурна схема підключення за цим варіантом наведена на рис. 2.8.

У якості первинного ведучого пристрою використовується пристрій зв'язку з об'єктом (ПЗО) або програмуємий логічний контролер (ПЛК). У якості вторинного ведучого пристрою застосовується

портативний HART-термінал або персональний відлагоджувальний комп'ютер (ПК) з HART-модемом. При цьому аналоговий струмовий сигнал є однонапрямленим, тобто передається від датчика до ПЛК чи від ПЛК до виконавчого пристрою, а цифрові сигнали можуть передаватися і прийматися як від ведучого, так і від веденого пристрою.

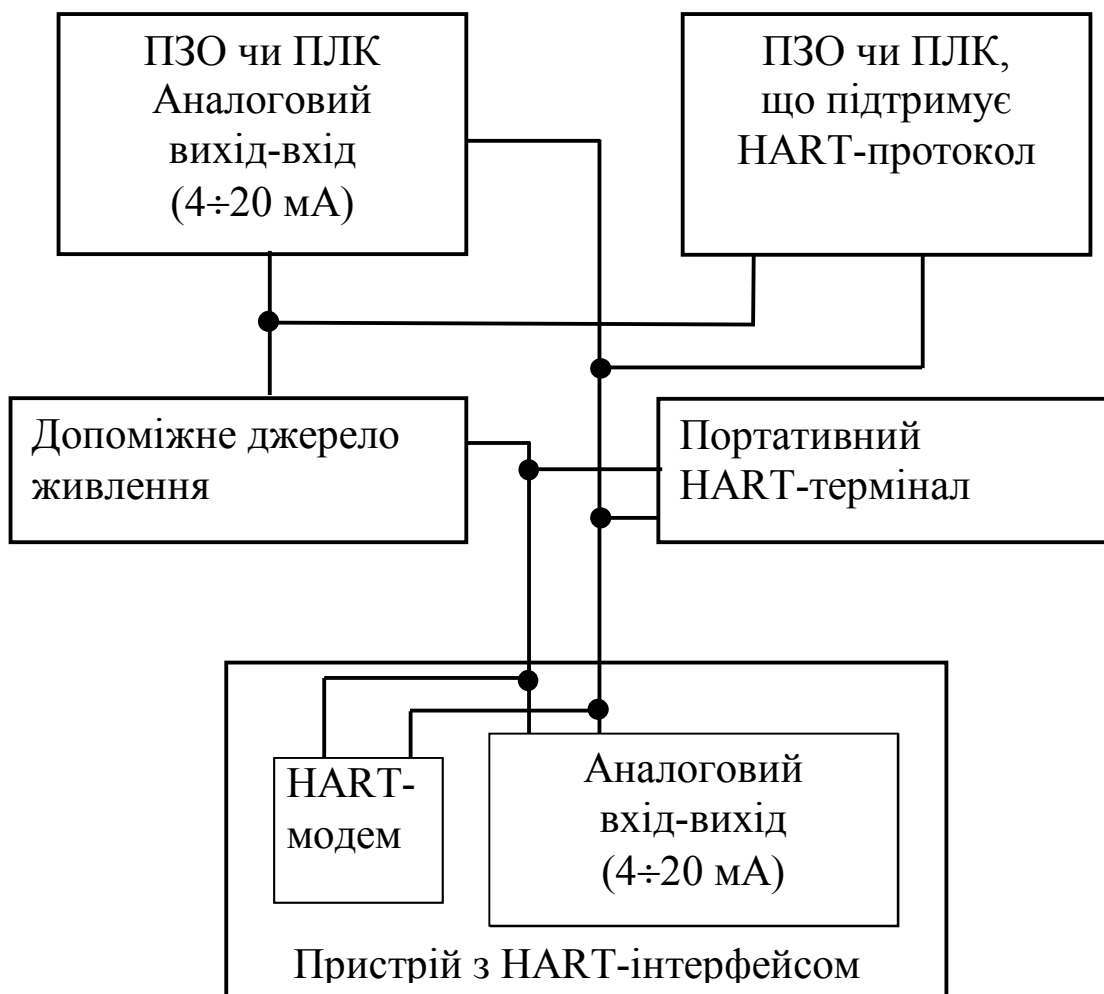


Рис.2.8. Структурна схема підключення HART-пристроїв за стандартним варіантом: ПЗО – пристрій зв'язку з об'єктом; ПЛК – програмує мий логічний контролер.

У багатоточковому режимі (рис. 2.9) до 15 ведених пристроїв (slave) можуть з'єднуватись паралельно двохрановідною лінією з тими ж двома ведучими пристроями (master). При цьому по цій лінії здійснюється тільки цифровий зв'язок. Сигнал постійного струму

4 мА забезпечує допоміжне живлення ведених пристроїв по сигнальним лініям.

Слід відзначити, що завдяки наявності двох ведучих пристроїв кожен з них може бути готовий до передачі через 270 мс (час очікування). Цикл оновлених даних повторюється 2 – 3 рази за секунду в режимі запит / відповідь та 3 – 4 рази в секунду у пакетному режимі. HART-протокол реалізує 1, 2 та 7-й рівні OSI-моделі.

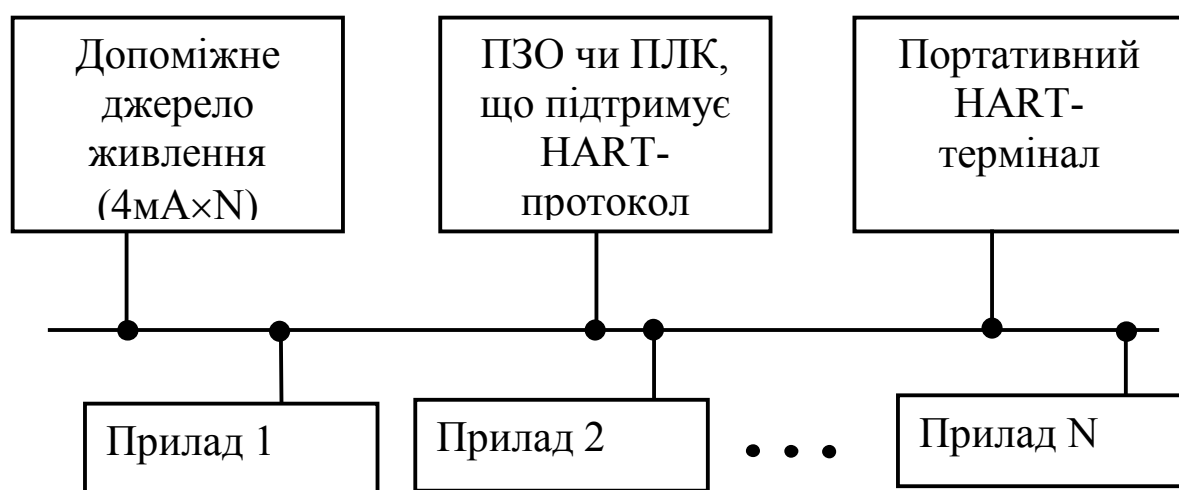


Рис. 2.9. Структурна схема підключення HART-пристроїв за багатоточковим варіантом.

Протокол Modbus – це найпоширеніший протокол, що базується на клієнт – серверній архітектурі. Розроблений фірмою Modicon для використання в контролерах з програмованою логікою (PLC). Використовує для передачі даних послідовні інтерфейси RS-485, RS-422, RS-232 та інші, а також мережі TCP/IP.

Пристрої різних виробників, що підтримують протокол Modbus, легко інтегруються у єдину мережу автоматизації. Усі універсальні SCADA/HMI системи підтримують цей протокол. На рис. 2.10 наведена схема мережі, що об'єднує PLC з послідовним інтерфейсом.

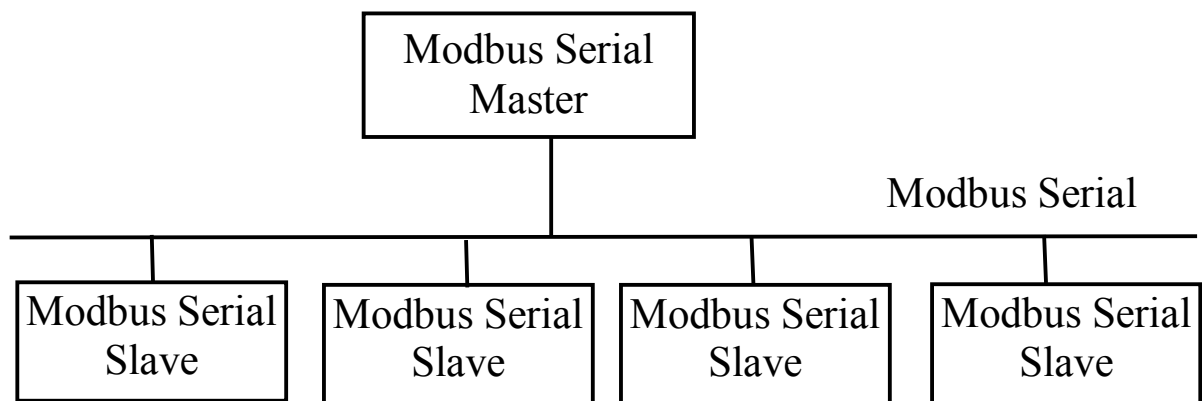


Рис.2.10. Схема об'єднання пристроїв Modbus у послідовній лінії зв'язку (serial).

У відповідності з рис.2.10 в одній мережі може бути тільки один ведучий пристрій (Master), що забезпечує опитування інших ведених пристроїв (Slave). При цьому жоден ведений пристрій не може самостійно запитати чи передати дані іншому пристрою. Лише ведучий пристрій може запитати дані з кожного веденого пристрою по черзі або ініціювати одночасну передачу повідомлень на всі інші ведені пристрої. Одна мережа може об'єднувати до 247 ведених пристроїв.

Мережа TCP/IP (див. рис. 2.11) забезпечує об'єднання практично необмеженої кількості ведучих і ведених пристроїв. При цьому, будь-який пристрій може бути одночасно як ведучим, так і веденим. У мережі можуть також існувати спеціальні шлюзи (gateway), які надають пристроям в мережі TCP/IP доступ до ведених пристроїв, що об'єднані послідовною лінією зв'язку (Modbus Serial Slave), чи до ведучого пристрою з послідовним інтерфейсом (Modbus Serial Master).

Протокол Modbus передбачає для передачі даних по послідовним лініям зв'язку два режими (формати команд): ASCII (American Standart Code for Information Interchange) та RTU (Remote Terminal Unit). Режим ASCII призначений для повільних ліній зв'язку, де кожний байт пакету передається як два ASCII символи. Новий пакет починається зі спеціального службового символу. При цьому між передачею символів одного пакету може бути пауза у декілька се-

кунд (у залежності від настроювань) без виникнення помилок при передачі. Використання RTU дозволяє приблизно у 2 рази збільшити кількість даних, що передаються по мережі у двійковому вигляді без змін. У режимі RTU перед передачею пакету витримується невеликий інтервал тиші, а потім передається безперервним потоком даних. При цьому, на швидкості 19,2 кбіт/с можливо передати за секунду до 1400 байт даних (за умови повторюваного) 126 змінних або опитати до 40 разів один чи декілька пристроїв за умови запиту однієї змінної у якості прикладу. На рис. 2.12 наведена загальна схема інфраструктури мережі RS-485 з пристроями Modbus.

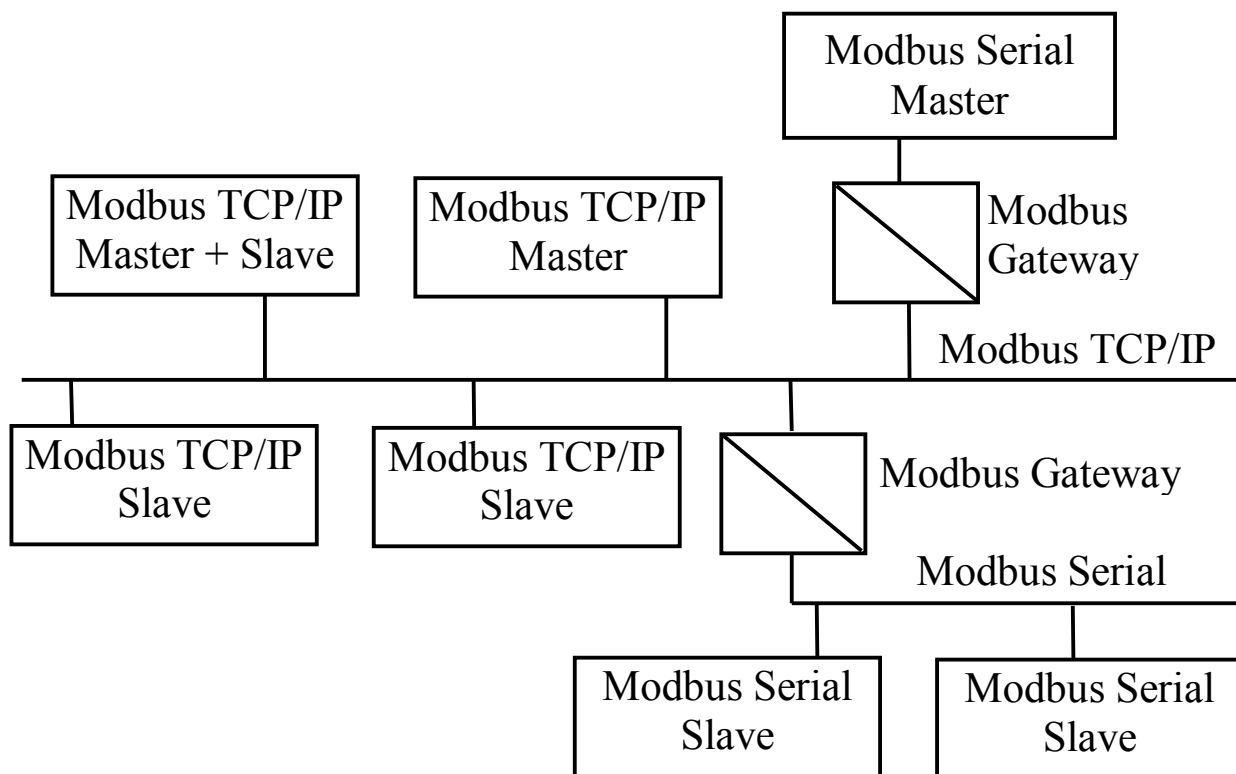


Рис. 2.11. Схема об'єднання пристроїв Modbus у мережі TCP/IP.

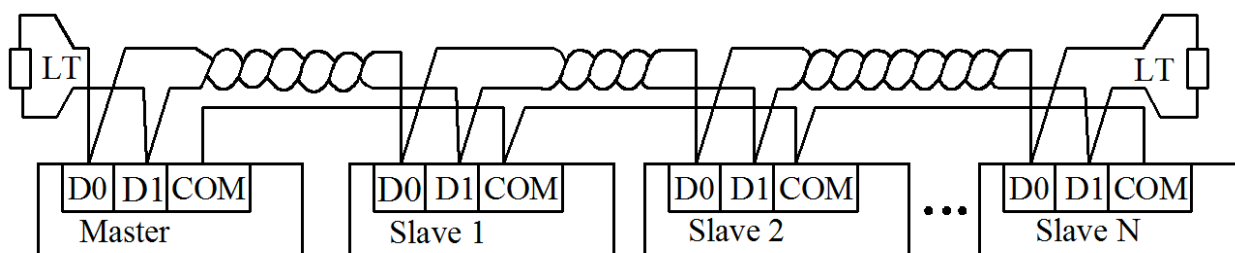


Рис. 2.12. Інфраструктура мережі RS-485 з пристроями Modbus.

Згідно рис. 2.12 об'єднання пристроїв Modbus по лінії RS-485 передбачає послідовне з'єднання одним кабелем. У кабелі повинні бути як мінімум одна вита пара, по якій проходять диференціальні сигнали (D0, D1) та провідник COM (земля приймачів RS-485 усіх пристроїв). Останній повинен бути з'єднаний із захисною землею тільки у ведучого контролера (Master). На кожному кінці лінії зв'язку встановлюються термінатори LT, що становлять із себе опори номіналом 120 Ом.

Слід відзначити, що за відсутності передачі даних у мережі, яка складається з великої кількості контролерів, підключених до одного каналу зв'язку, драйвери (передавачі) RS-485 входять у стан відключення. У такому разі обидва провідника в лінії передачі можуть працювати у холосту з невеликим навантаженням, що у підсумку може привести до реєстрації приймачем хибних даних. Запобігання цьому забезпечується захисним зміщенням, схема якого представлена на рис. 2.13.

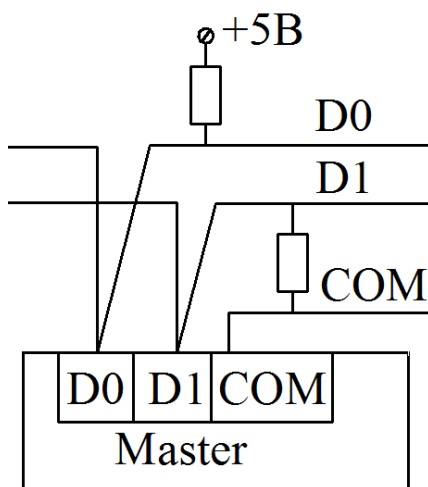


Рис. 2.13 Схема захисного зміщення для RS-485.

Схема передбачає встановлення резистору завдання початково-го високого рівня (pull – up) на лінію D0 («+») і низького рівня (pull – down) на лінію D1 («-»). При цьому у мережі Modbus захисне зміщення розташовують тільки поряд з ведучим пристроєм. За наявності схеми захисного зміщення максимальна кількість пристроїв у мережі може дорівнювати до 32, а за відсутності – не більше 28. Для

зв'язку по мережі RS-485 цілком достатньо звичайної екранованої витої пари 5-ої категорії (наприклад STP – екранована опліткою, або FTP – екранована фольгою) з перерізом $0,7 \div 0,8$ мм.

Протокол CAN (Control Area Network) розроблений фірмою BOSCH і описує тільки 1-ий і 2-ий рівень OSI-моделі. Окремі технічні характеристики цього протоколу зведені до табл. 2.5.

Таблиця 2.5. Окремі технічні характеристики протоколу CAN

Топологія	Шина (моноканал) з термінаторами на кінцях
Довжина шини	Типова – 40 м при швидкості передачі 1 Мбіт/с, до 1 км при зменшенні швидкості передачі до 5 кбіт/с.
Тип шини	Вита пара, силова мережа, радіоканал, оптоволокно, інфрачервоний канал
Режим передачі	Послідовна асинхронна передача даних, можливість multiMaster, групова передача
Число можливих вузлів	Необмежено (теоретично), до 127 на сегменті (практично), просто підключаються та відключаються
Виявлення помилки	Кожен CAN-контролер виконує моніторинг свого передатчика та усіх приймачів
Надійність передачі даних	Забезпечується через виявлення, обробку, локалізацію помилки. Відстань Хемінга – 6, одна невиявлена помилка за 1000 років. Високий імунітет до електромагнітних завад.

За своїми характеристиками CAN-протокол повністю задовольняє вимогам задач реального часу. Реалізований механізм передачі даних дозволяє виявляти й виправляти помилки з хемінговою відстанню 6, тобто 2 помилкових біти виправляються та 5 помилкових

бітів виявляються. Системи на основі CANbus достатньо легко конфігуруються та мають засоби централізованої діагностики. Широкому використанню цього протоколу сприяють наступні його переваги: можливість роботи у режимі жорсткого реального часу; простота реалізації та мінімальні затрати на використання; висока стійкість до перешкод; арбітраж доступу до мережі без втрат пропускну здатності; надійний контроль помилок передачі й прийому; підтримка різноманітного фізичного середовища передачі даних, від виті пари на відстань до 1 км до оптоволокна чи радіоканалу.

CANbus – це послідовна шина, механізм роботи якої описується моделлю децентралізованого контролю за доступом до шини, так званою моделлю CSMA/CM. Ця модель являє собою модернізований варіант моделі CSMA/CD. Відмінність полягає у механізмі розв'язування колізій, пов'язаних з передачею кількох повідомлень в одну адресу. Тому в CANbus кожний блок даних містить додатковий 11-бітовий ідентифікатор, який, по суті, є пріоритетом даного повідомлення. Призначення пріоритетів може відбуватись наступним чином: один – для параметра витрати пари, інший – для частоти обертання парової турбіни й т.п. Кожний вузол-приймач у мережі CANbus сам обирає призначені для нього повідомлення. Можливі колізії, які пов'язані з одночасним запитом шини, вирішуються на основі пріоритетності повідомлень, тобто право на роботу із шиною одержить той вузол, що передає повідомлення з найвищим пріоритетом.

У кожному повідомленні може бути передано від 0 до 8 біт даних. Більші блоки можна передавати за рахунок використання принципу сегментації. Загальна схема роботи мережі ілюструється рис. 2.14.

Слід відзначити, що завдяки надання ліцензійного права фірмою BOSCH на випуск мікросхем для CANbus таким фірмам як INTEL, MOTOROLA, NEC, Philips, Siemens та інші, стало можливим застосування у цих мережах наступних мікроконтролерів: 82528, 82627 (INTEL), 72005 (NEC), 82C200 (Philips) та 81C90/91 (Siemens). Сьогодні на основі протоколу CANbus є рішення і для 7-го рівня

OSI-моделі. Це протоколи промислових мереж такі як SDS (Honeywell), DeviceNET (Allen Bradley) та CAN (протокол, запропонований Асоціацією CAN in Automation – CiA). Кожний із цих високорівневих протоколів має свою область застосування.

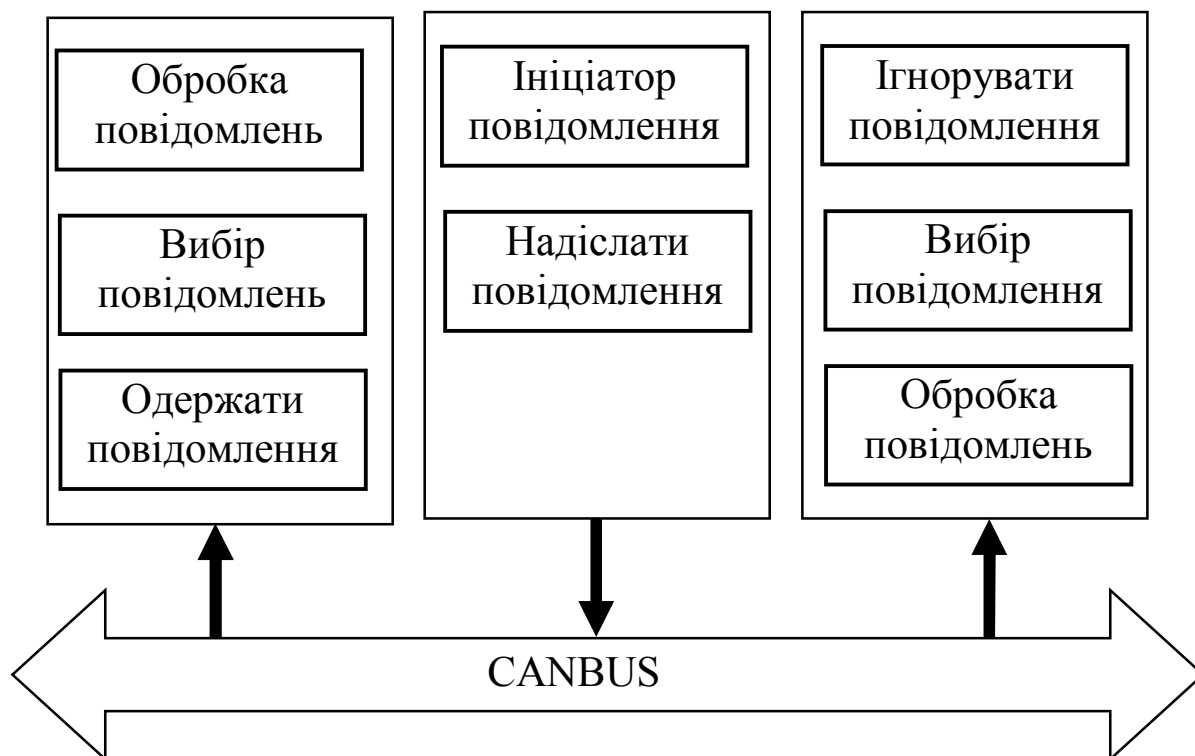


Рис. 2.14. Ілюстрація до схеми роботи мережі CANbus.

PROFIBUS (Process Field Bus) становить собою сімейство промислових мереж, що забезпечує комплексне вирішення комунікаційних проблем підприємства. Стандарт PROFIBUS з'явився завдяки зусиллям групи німецьких компаній (BOSH, Siemens, Klockner Moeller), а з 1996 року він став міжнародним. За допомогою PROFIBUS можуть обмінюватися інформацією компоненти автоматизації будь-яких різновидів. Через один і той самий інтерфейс можуть зв'язуватися один з одним програмуємі логічні контролери (PLC), локальні комп'ютери (PC), панелі оператора й спостереження та навіть датчики і силові приводи. Стандарт протоколу описує рівні 1,2 і 7 OSI-моделі, архітектура якого представлена у вигляді табл.2.6.

Таблиця 2.6. Стандарт протоколів PROFIBUS у відповідності з OSI-моделлю

№	Назва рівня	PROFIBUS-DP	PROFIBUS-FMS	PROFIBUS-PA
7	Прикладний	-	Протокол FMS (Fieldbus Message Specialization)	-
6	Представлення	-	-	-
5	Сеансовий			
4	Транспортний			
3	Мережний			
2	Канальний (передачі даних)	Протокол FDL (Fieldbus Data Link)		Стандарт IEC 1158-2
1	Фізичний	RS-485, оптоволоконний інтерфейс		Інтерфейс IEC 1158-2

Згідно табл.2.6. PROFIBUS має три модифікації різних, але сумісних протоколів: PROFIBUS-DP, PROFIBUS-FMS і PROFIBUS-PA.

PROFIBUS-DP (Profibus for Decentralized Peripherals – для децентралізованої периферії) використовує рівні 1 і 2 OSI-моделі і є найбільш поширеним у порівнянні з іншими. Це оптимізований за продуктивністю протокол, розроблений спеціально для підтримки критичного у часі обміну інформацією між розподіленими вузлами введення-виведення і контролерами на нижчих ієрархічних рівнях мережі PROFIBUS. На відміну від двох інших модифікацій забезпечує найбільш швидкий обмін даними з пристроями, що підключені до мережі 100 кбіт/с на відстані 1,2 км і до 1,5 Мбіт/с на відстані до 200 м. Підключення повторювачів та оптоволоконного кабелю дозволяє збільшити дальність зв'язку. Оптоволоконні інтерфейси ви-

конуються у вигляді змінних модулів для контролерів. Мережа може складатися з 122 вузлів, з яких 32 можуть бути ведучими.

PROFIBUS-FMS використовує рівні 1,2 і 7 OSI-моделі. Цей протокол загального призначення забезпечує взаємодію контролерів та інтелектуальних пристроїв на верхньому (цеховому) рівні та промисловому (Field) рівні ієрархії промислових зв'язків. Дозволяє передати великі обсяги даних, але програє у швидкості протоколу DP.

Протоколи FMS і DP використовують однаковий фізичний рівень, оснований на інтерфейсі RS-485 та можуть працювати у загальній мережі.

PROFIBUS-PA (Profibus for Process Automation – для автоматизації технологічних процесів) використовує фізичний рівень на основі стандарту IEC 1158-2, що забезпечує живлення мережних пристроїв через шину і не є сумісним з RS-485. Дані передаються з допомогою рівнів струму +9mA і -9mA («струмова петля»). Швидкість передачі складає до 31,25 кбіт/с. Це по суті PROFIBUS-DP, з тими ж протоколами, але в іншій фізичній реалізації. Особливість його – це можливість роботи у вибухонебезпечній зоні завдяки низькій енергії сигналу.

Стандартом для шини PROFIBUS рекомендується роз'єм DB-9 з 9-ю контактами, маркування і призначення яких наведені у табл. 2.7.

На каналному рівні протоколом визначається процедура передачі даних пристроями, а також керування правами передачі даних через мережу.

В PROFIBUS виконання цієї процедури здійснюється з використанням гібридного методу доступу до середовища передачі. При цьому для взаємодії між складними станціями (ведучими) протокол доступу включає метод передачі маркера, а для взаємодії між складними станціями і простими периферійними пристроями (веденими) – метод ведучий/ведений (master/slave).

Таблиця 2.7. Призначення контактів роз'єму DB-9 для PROFIBUS

Номер контакту	Маркування контактів	Призначення контакту
1	Shield	Екран
2	M24	-24В
3	Rx/Tx-DP	Прийом/передача даних (позитивний вивід, провід В)
4	CNTR-P	Сигнал для керування напрямком передачі, позитивний вивід
5	DGND	Загальний провід даних
6	VP	Напруга живлення «+»
7	P24	+24В
8	Rx/Tx-N	Прийом/передача даних (негативний вивід, провід А)
9	CNTR-N	Сигнал для керування напрямком передачі, негативний вивід

За допомогою методу передачі маркера забезпечується присвоєння прав доступу до шини у межах точно визначеного часового інтервалу. Маркер – це спеціальне повідомлення, яке передає права на здійснення передачі інформації від одного ведучого пристрою до іншого. Він циркулює між усіма ведучими пристроями у межах, які можуть регулюватися, максимального часу оберту маркера.

Метод «master/slave» дозволяє ведучому пристрою (активній станції), якому у теперішній момент належить право передачі інформації, взаємодіяти з веденими пристроями (пасивними станціями), тобто отримувати дані від ведених пристроїв та передавати їм інформацію.

Таким чином, гібридний метод доступу до середовища передачі надає можливість реалізувати: систему, у якій усюди застосовується метод «master/slave»; систему у якій усюди застосовується метод «master/master»; систему у якій застосовується комбінація цих методів. На рис. 2.15 показана структура PROFIBUS-мережі з трьома активними (ведучими) і п'ятьма пасивними (веденими) станціями. При цьому, три ведучих пристрої утворюють маркерне кільце.

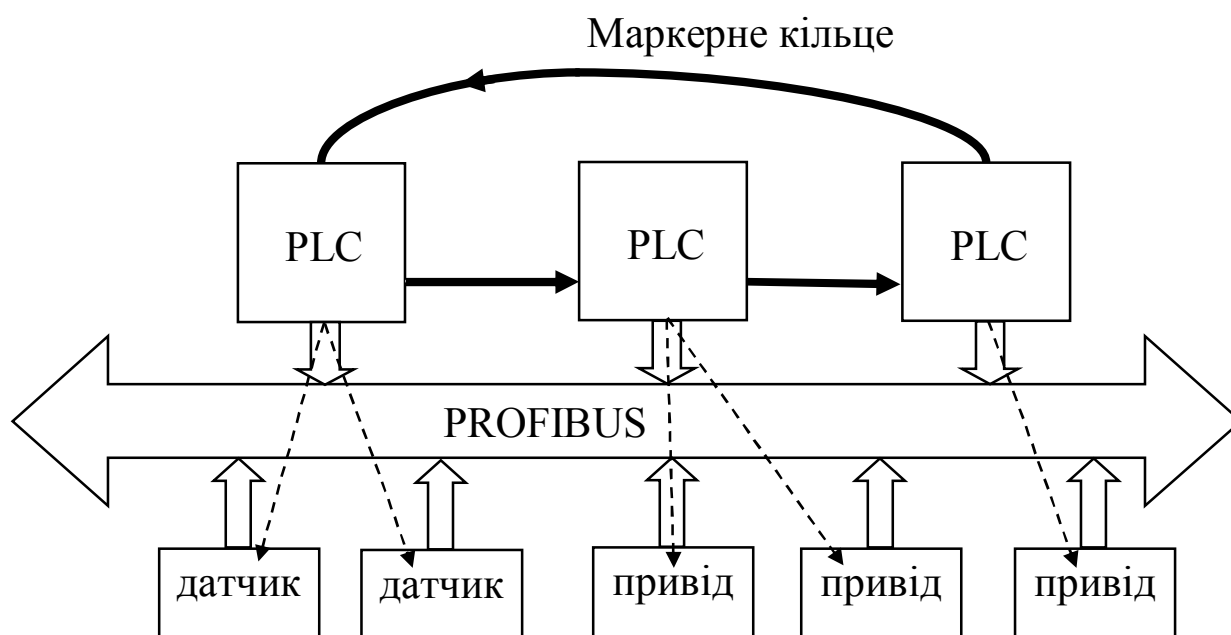


Рис. 2.15. Ілюстрація мережі PROFIBUS з гібридним методом керування доступом до середовища передачі.

Згідно рис. 2.15 після того, як активна станція (PLC чи PC) отримує маркер, їй на певний час надається дозвіл виконувати на шині функції ведучого пристрою. Вона може взаємодіяти з усіма веденими станціями (датчик, виконавчі приводи) по методу «master/slave» і з усіма ведучими станціями, що приймають участь у взаємодії по методу «master/master». Маркерне кільце являє собою організаційний ланцюг активних станцій, що утворюють логічне кільце з адресами цих станцій. У цьому кільці у середовищі master-вузлів зростаючими номерами вузлів у заданій послідовності переда-

ється маркер, що надає право ведення циклів читання/запису на шині, тобто право доступу до середовища передачі.

У стартовій фазі цієї шинної системи задача керування доступом до середовища передачі (MAC – Medium Access Control), що закладена в активних станціях, полягає у виявленні цього логічного призначення і встановленні маркерного кільця. У робочій фазі несправні чи вимкнені активні станції повинні вилучатися з кільця, а нові активні станції включатися у кільце. Крім того програма керування MAC повинна: упізнати несправності у середовищі передачі або передавачах; виявити помилки в адресації станцій (наприклад, одночасне звернення декількох станцій); виявляти помилки в передачі маркера (наприклад, втрата маркера або його множення). При передачі даних виявлення і виправлення помилок ведеться на основі хемінгової відстані 4, тобто в будь-якій посилці даних 3 помилкових біта буде виявлено, а один біт може бути відновлений.

У цілому розподілена система (АСКТП) може складатися із пристроїв, що реалізують усі три типи стандартів модифікації протоколів, приклад структури якої наведено на рис. 2.16.

При цьому РА-пристрій необхідно підключати через спеціальні повторювачі.

Ethernet – це найбільш поширена система продуктів для локальних мереж (не тільки як протоколи), що відповідають стандарту IEEE 802.3. Останнім часом Ethernet став активно застосовуватись і в комплексах керування виробничими процесами, завдяки появі цілої низки апаратурних засобів (концентратори, комутатори), що відповідають промисловим вимогам. Особливо це стосується Fast Ethernet стандарту IEEE 802.3u, що забезпечує більш швидкий обмін інформацією. Доля Ethernet серед встановлених промислових мереж зростає зі швидкістю 50% на рік. Просуванням і технічною підтримкою промислового Ethernet займається Industrial Ethernet Association (IEA), засновником якої у 1999 році стали кілька провідних компаній (Synergetic Micro System, Hilscher, Grayhill та ін.).

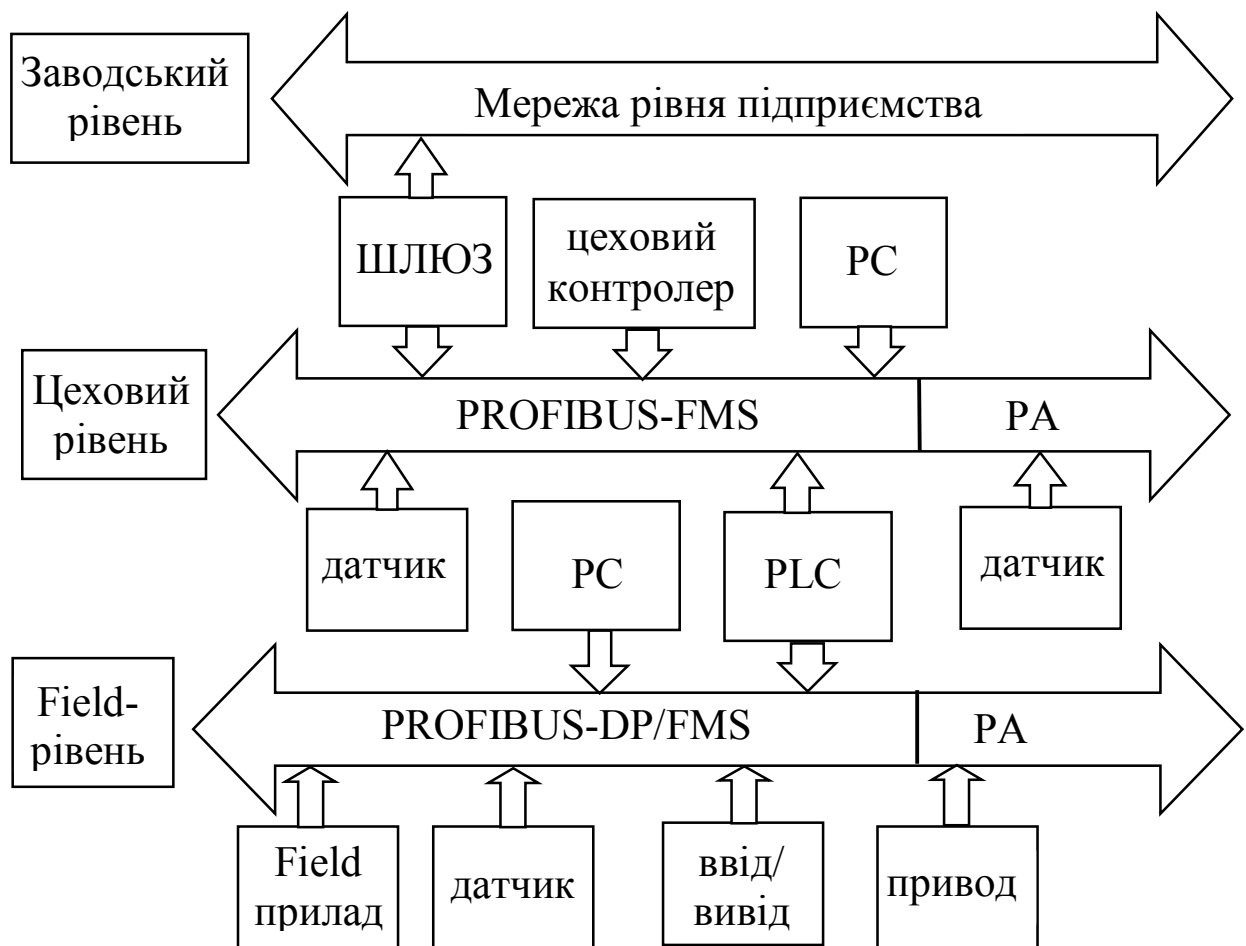


Рис.2.16. Загальна схема можливого використання протоколів PROFIBUS у розподіленій структурі АСКТП.

Впровадженню Ethernet у промисловість сприяли наступні його основні властивості:

- висока швидкість передачі (до 10 Гбіт/с) та відповідність вимогам жорсткого реального часу за великої швидкості;
- простота інтеграції з Internet, у тому числі за протоколами прикладного рівня SNMP (Simple Network Management Protocol), FTP, HTTP, MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions);
- простота інтеграції з офісними мережами;
- необмежена можливість організації багатомайстерних мереж;
- поява достатньо дешевих комутаторів для вирішення проблеми недотерміновості (колізій);
- повнодуплексний режим передачі даних;

- необмежені можливості по організації мереж різноманітних технологій.

Система Ethernet має декілька модифікацій, серед яких у промисловій автоматизації найбільше поширення отримали стандарти фізичних інтерфейсів 10BASE-T, 100BASE-TX та 100BASE-FX. Перша цифра у позначенні стандарту характеризує швидкість передачі даних у Мбіт/с, а буква після "BASE" означає тип кабелю (T – "Twisted pair" – "вита пара", F – "Fiber optic" – оптоволоконний). Символ X означає наявність блоку кодування сигналу (трансивера) на фізичному рівні. Наприклад, 10BASE-T означає специфікацію фізичного рівня для швидкості 10 Мбіт/с з методом доступу до середовища передачі CSMA/CD та з використанням двох витих пар проводу, 100BASE-FX – для швидкості 10 Мбіт/с з методом доступу до середовища передачі CSMA/CD та з використанням двох багатомодових оптичних кабелів та трансиверу.

Усі види стандартів Ethernet використовують метод доступу до середовища передачі даних CSMA/CD, який застосовується виключно у мережах з логічною загальною шиною і забезпечує доступ багатьом учасникам мережі. Протокол Ethernet описує усі сім рівнів OSI-моделі. При цьому рівні 1 і 2 цього протоколу втілюються, як правило апаратно, а інші – програмно. Для кожного типу фізичного каналу зв'язку застосовуються трансивери, що забезпечують роботу мережі за довжиною каналів, на різних швидкостях передачі й топологіях мережі.

На рис. 2.17 наведена структура рівнів стандарту Ethernet та відповідність їх до моделі OSI.

Фізичний рівень складається з середовища передачі (вита пара чи оптоволоконний кабель) та блоку кодування (трансивер) інформації для кожної швидкості передачі. Підключення на фізичному рівні трансиверу до мережі здійснюється за допомогою роз'єму (порту) MDI у відповідності до табл.2.8. Застосування 4В/5В кодування у сполученні з NRZI та MLT-3 забезпечує зменшення частоти зміни рівнів сигналу (ширини спектру) у порівнянні з манчестерським ко-

дом з 125 МГц до 31,25 МГц для швидкості передачі 100 Мбіт/с. Інтерфейс МП застосовується для приєднання зовнішнього модуля трансивера до мережного адаптеру, що здійснюється за допомогою 40-контактного роз'єму подібно роз'єму РС. Змінний модуль трансиверу може встановлюватись або безпосередньо на платі адаптеру (рис.2.18.) або зв'язуючись з платою адаптеру зовнішнім кабелем довжиною до 0,5 м (рис.2.19). При цьому мережний адаптер далі з'єднується з РС за допомогою одного із стандартних інтерфейсів (шина ISA, PCI, PCMCIA – в залежності від моделі РС).

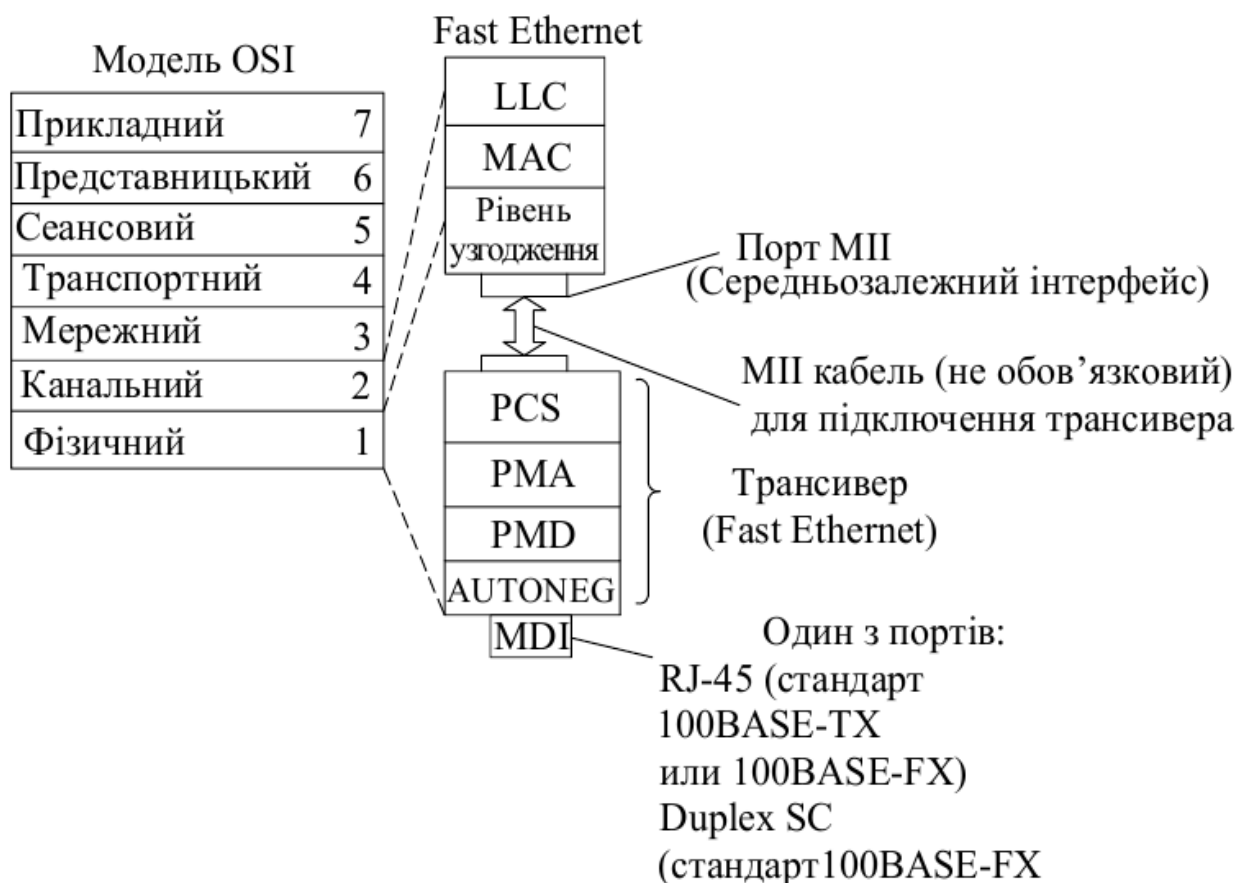


Рис. 2.17. Структура рівнів стандарту Ethernet: LLC – керування логічним каналом зв'язку; MAC – керування доступом до середовища передачі; PCS – рівень фізичного кодування; PMA – рівень фізичного підключення; PMD – рівень залежний від фізичного середовища; MDI – інтерфейс залежний від середовища; AUTONEG – рівень автовизначення (узгодження).

Таблиця 2.8. Фізичні інтерфейси стандарту Ethernet/Fast Ethernet

Фізичний інтерфейс	100BASE-FX	100BASE-TX	10BASE-T
Порт пристрою	Duplex SC	RJ-45	RJ-45
Середовище передачі	Оптичне волокно	Вита пара UTP Cat.5	Вита пара UTP Cat.3,4,5
Тип кодування	NRZI 4B/5B	4B/5B MLT-3	Манчестерський код
Число витих пар/волокон	2 волокна	2 виті пари	2 виті пари
Довжина сегмента	до 412м(mm) до 2км(mm)* до 100км(sm)*	до 100 м	до 100 м
Стандарт	IEEE 802.3u	IEEE 802.3u	IEEE 802.3
Примітка: (mm – багатомодове волокно, sm – одномодове волокно, * – вказані відстані можуть бути досягненні тільки при дуплексному режимі зв'язку.			

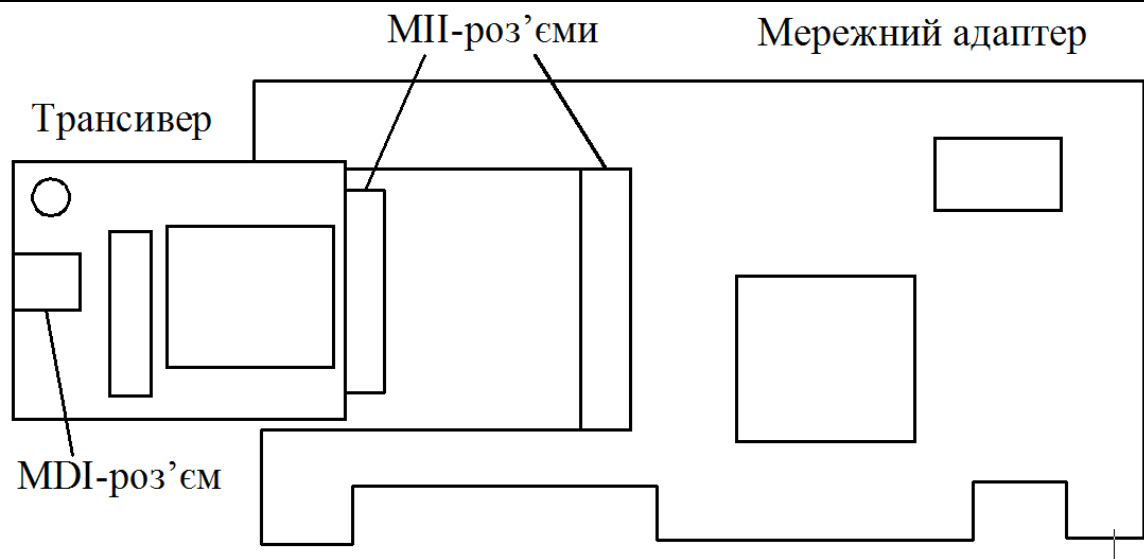


Рис.2.18. Мережний трансивер із зовнішнім трансивером, що встановлений на плату адаптера.

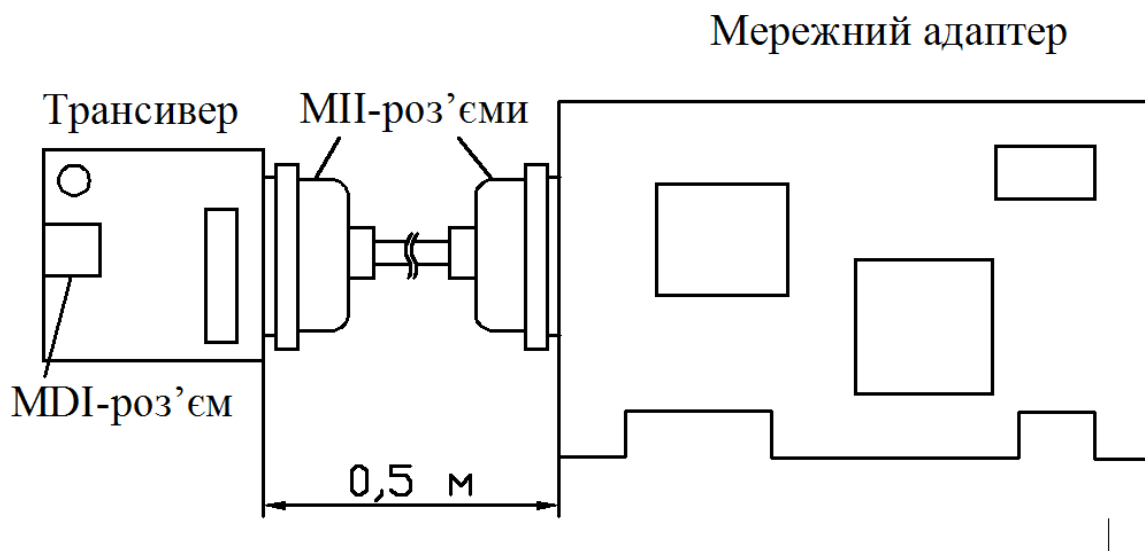


Рис.2.19. Мережний трансивер із зовнішнім трансивером на ММІ-кабелі.

За стандартом 10BASE-T кінцеві вузли мережі з'єднуються по топології «точка-точка» (напівдуплексний режим) із спеціальним пристроєм – багатопортовим повторювачем за допомогою двох витих пар. Одна вита пара необхідна для передачі даних від робочої станції до повторювача (вихід TX мережного адаптеру), а інша – для передачі даних від повторювача до робочої станції (вхід RX мережного адаптеру). На рис.2.20 наведений приклад підключення робочих станцій до трипортового повторювача з використанням роз'єму RJ-45, маркування ліній якого наведено на рис.2.21.

У випадку з'єднання двох РС та інших кінцевих станцій, які мають цей роз'єм, застосовується RJ-45 з перехрестям (рис.2.21б) оскільки приймач має бути з'єднаний з передавачем, і навпаки.

Згідно рис.2.20 повторювач приймає сигнали від одного з кінцевих вузлів і синхронно передає їх на всі свої інші порти, окрім того, з якого надійшли сигнали. Багатопортові повторювачі зазвичай називають концентраторами (Hubs). Концентратор здійснює функції повторювача сигналів на всіх відрізках витих пар, що підключені до його портів, таким чином, що утворюється єдине середовище передачі даних – логічна загальна шина. Повторювач виявляє колізію у

сегменті у випадку одночасної передачі сигналів (кадрів) по декількох своїх RX-входах та надсилає у мережу так звану jam-послідовність (спеціальна послідовність з 32 біт) на всі свої TX-виходи, посилюючи тим самим ситуацію колізії. Після цього керуюча станція, що виявила колізію, призупиняє передачу і робить паузу протягом короткого випадкового інтервалу часу. Потім вона може знову розпочати спробу захоплення середовища і передачу кадру. Випадкова пауза обирається за спеціальним алгоритмом. Як правило ця пауза може приймати значення від 0 до 52,4 мс. У разі виникнення колізії після 16-ти послідовних спроб передачі кадру – передатчик має припинити спроби і відкинути цей кадр. Стандарт 10BASE-T забезпечує передачу даних манчестерським кодом.

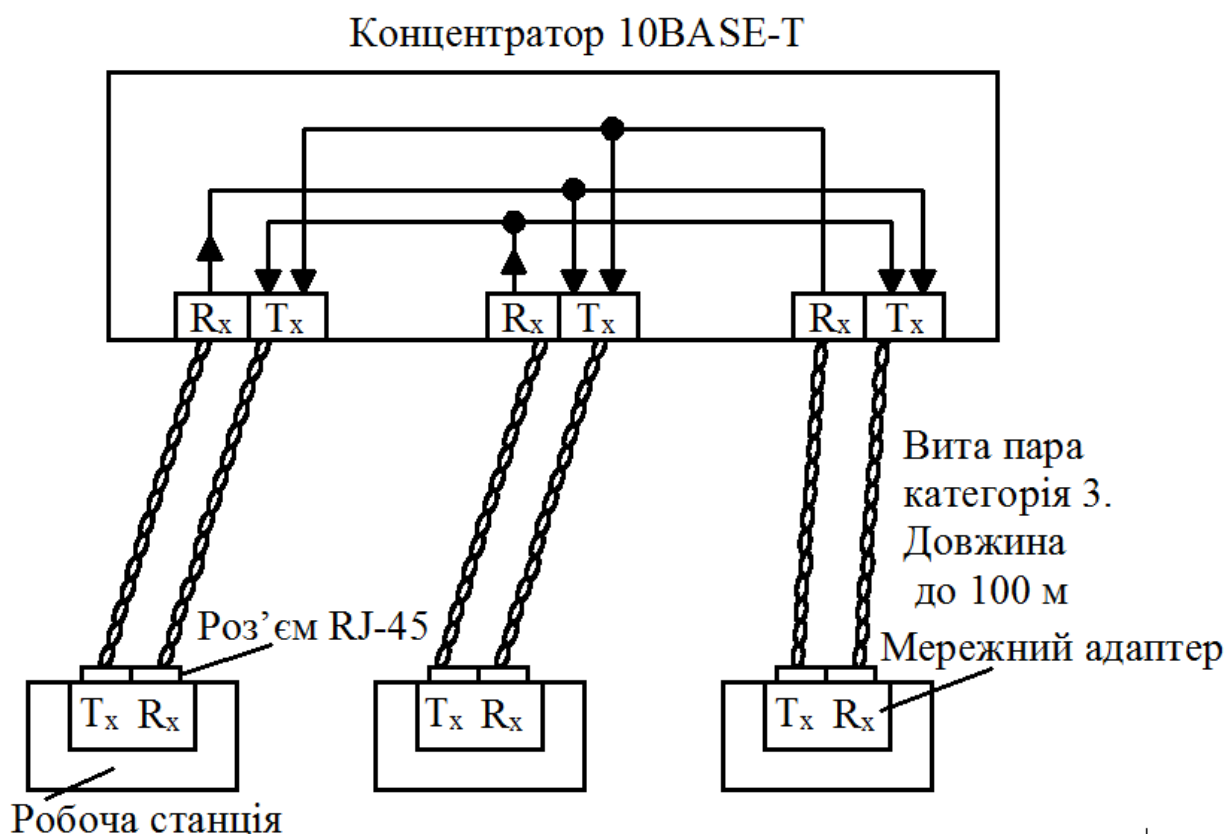


Рис.2.20. Мережа стандарту 10BASE-T: RX – приймач; TX – передавач.

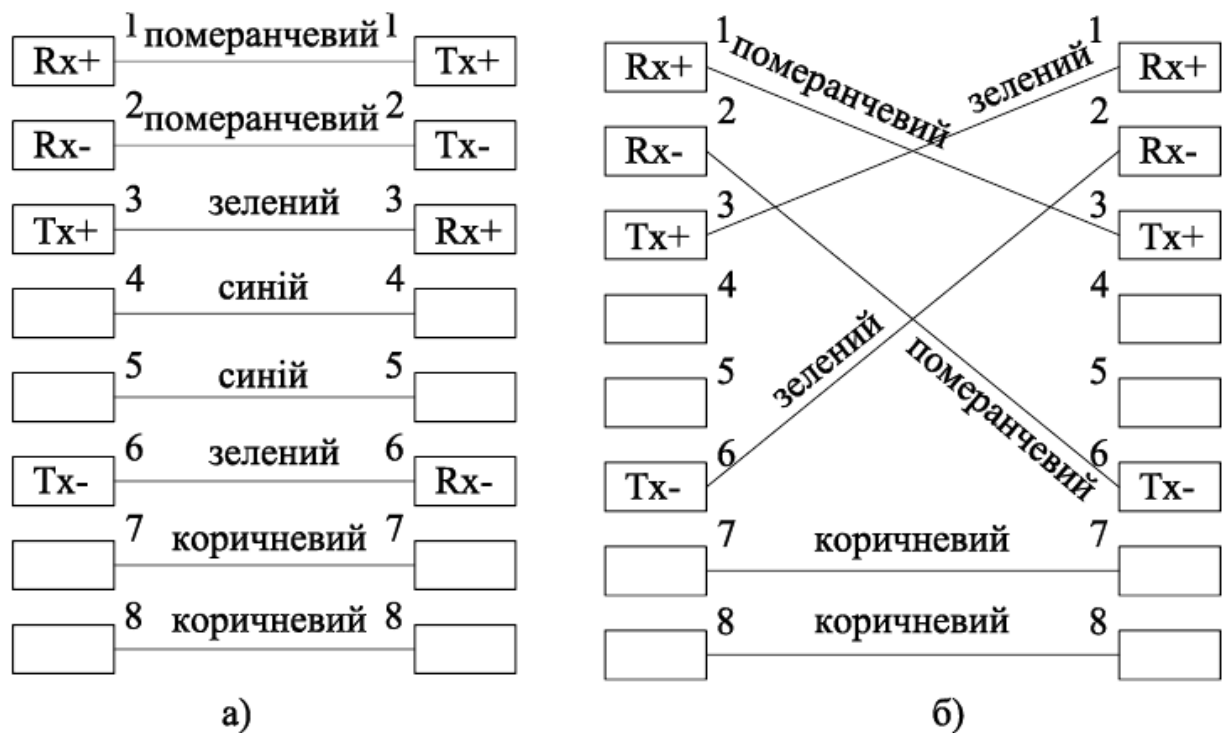


Рис.2.21. Маркування ліній роз'єму Ethernet-кабелю – нормального (а) та з перехрестям (б).

При реалізації процедур доступу CSMA/CD з метою забезпечення синхронізації робочих станцій і надійного виявлення ними колізій максимальне число концентраторів між будь-якими двома станціями, що визначається стандартом, має бути не більше 4-х. За такої умови створення мережі 10BASE-T з великою кількістю станцій необхідно концентратори з'єднувати один з одним ієрархічним способом, утворюючи деревовидну структуру, як показано на рис.2.22.

У цій структурі для з'єднання концентраторів з метою збільшення відстані передачі до 1 км використані стандарти 10BASE-F з оптоволоконним багатомодовим кабелем. Загальна кількість робочих станцій у мережі стандарту 10BASE-T може досягати межі 1024, що забезпечується створенням дворівневої ієрархії концентраторів, на нижньому рівні якої можуть бути розташовані концентратори із загальним числом портів до 1024.

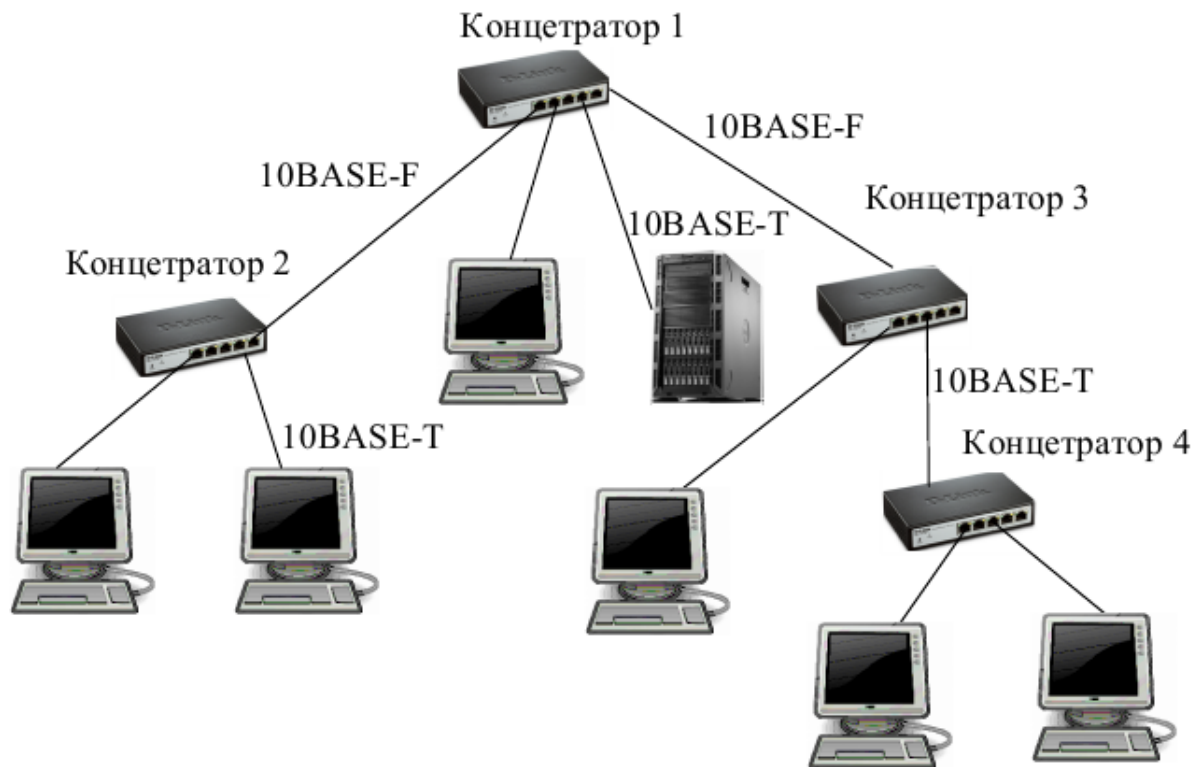


Рис.2.22 Ієрархічне з'єднання концентраторів мережі Ethernet.

Проблема узгодження колізій і повторні спроби передачі кадру вирішуються в Fast Ethernet за допомогою комутаторів (Switches), що становлять собою інтелектуальні багатопортові пристрої для забезпечення фізичного зв'язку між двома Ethernet-пристроями. При цьому, замість узагальненого каналу передачі комутатор дозволяє отримати декілька незалежних один від одного каналів поміж парою пристроїв. Повнодуплексний режим для стандартів 10BASE-TX і 10BASE-FX також можливий тільки за топологією «точка-точка», яка і реалізується за допомогою комутатора. Для виконання задачі сегментування мережі комутатор містить пам'ять, у якій він формує таблицю MAC-адресів всіх мережних пристроїв (робочих станцій), підключених до кожного з його портів. Ця таблиця створюється на етапі ініціалізації мережі, а потім періодично оновлюється для урахування можливих змін у конфігурації мережі. Таблиця може бути занесена у комутатор шляхом його налаштування чи сгенерована

комутатором автоматично. В останньому випадку деякий час після інсталяції комутатор пасивно спостерігає за діяльністю мережі, збирає MAC-адреси пристроїв, від яких надходять дані й заносить їх у таблицю. Після завершення стану ініціалізації комутатор використовує таблицю, за допомогою якої робиться висновок про те, які зв'язки треба залишати (з'єднувати), та куди відправляти дані (пакет), що надійшов.

MAC-адреса (Ethernet-адреса) – це апаратна чи фізична адреса пристрою (мережної карти). Складається з 6 байт (48 біт), три з яких встановлюються організацією IEEE кожному виробнику індивідуально, а інші три встановлює виробник. MAC-адреса записана в ПЗУ мережного пристрою і не може бути змінена. MAC-адресу слід відрізнити від IP-адреси, яка є логічною (протокольною, віртуальною) адресою і призначається адміністратором мережі, інтернет-провайдером і регіональним інтернет-регістратором.

Комутатори використовуються з різною кількістю портів, але найчастіше мають 6,8,12 та 24 порти. Головна умова, якою слід дотримуватись при розбитті мережі на частини (сегменти) за допомогою комутаторів – це «правило 80/20». Тільки за його виконання комутатор працює ефективно. Згідно цього правила, необхідно, щоб не менше 80% всіх передач відбувалось у межах одного сегменту мережі, а лише 20% повинно відбуватись між різними сегментами мережі, проходячи через комутатор. В практичних умовах це виконується таким чином, щоб сервер та активно працюючі з ним робочі станції (клієнти) розташовувались на одному сегменті.

Для перетворення інтерфейсів «вита пара – одномодовий оптичний кабель по одному волокну» для мережі Fast Ethernet 10/100 Base-TX і 100Base-FX застосовуються двопортові медіаконвертори, наприклад DMC-920T. Цей перетворювач дозволяє одночасно передавати і отримувати сигнали по одному оптичному волокну за рахунок використання різних по довжині хвиль для прийому та передачі. Прийом здійснюється на довжині хвилі 1310 нм (RX), передача – на довжині хвилі 1550 нм (TX) на відстань до 20 км. З боку порту

100Base-FX застосовується роз'єм SC. Останнім часом конверторні шасі, які об'єднують декілька окремих модулів 100Base-FX - 100Base-TX, дозволяють підключати велику кількість, що сходяться у центральному вузлі, волоконно-оптичних сегментів до комутатора з дуплексними портами RJ-45 (100Base-TX).

Модернізація промислових мереж здійснюється з метою підвищення ефективності діючих АСКТП і вирішується за допомогою різного роду комутаторів, концентраторів та інтеграторів, які забезпечують сумісність з існуючими вже підсистемами керування виробництвом. Їх апаратне і програмне оснащення у залежності від функцій, які вони виконують, може змінюватись у широкому діапазоні від некоштовного контролера, що виконує роль шлюзу для декількох промислових мереж, до керуючого серверу з широким набором функцій для об'єднання великої кількості неоднорідних підсистем.

Комунікаційний сервер (сервер-шлюз, комутатор), основні функції якого полягають у підтримці різних промислових і локальних мереж та забезпечення транспорту даних (пакетів) з однієї мережі до іншої. Згідно рис. 2.23 ці сервери застосовуються у тих випадках, коли діючі АСКТП містять підсистеми з різними промисловими мережами, де нема необхідності проводити обробку даних, а достатньо тільки забезпечити взаємодію підсистем за допомогою прозорої передачі даних з однієї підсистеми до іншої.

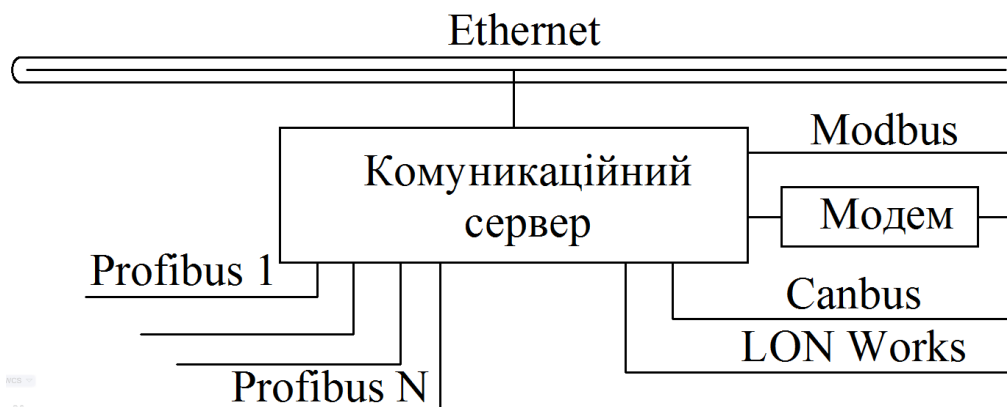


Рис.2.23. Узагальнена схема застосування комунікаційного серверу для підсистеми з різними промисловими мережами.

Концентратор (сервер даних) виконує як функції комунікаційного сервера, так і додаткові функції. Серед останніх слід відзначити: збір і обробка даних від групи контролерів нижнього рівня (польового), а також забезпечення інформаційного каналу до систем верхнього рівня, що виконують функції архівації і візуалізації даних. Використання концентратора за цими функціями наочно ілюструється рис. 2.24.

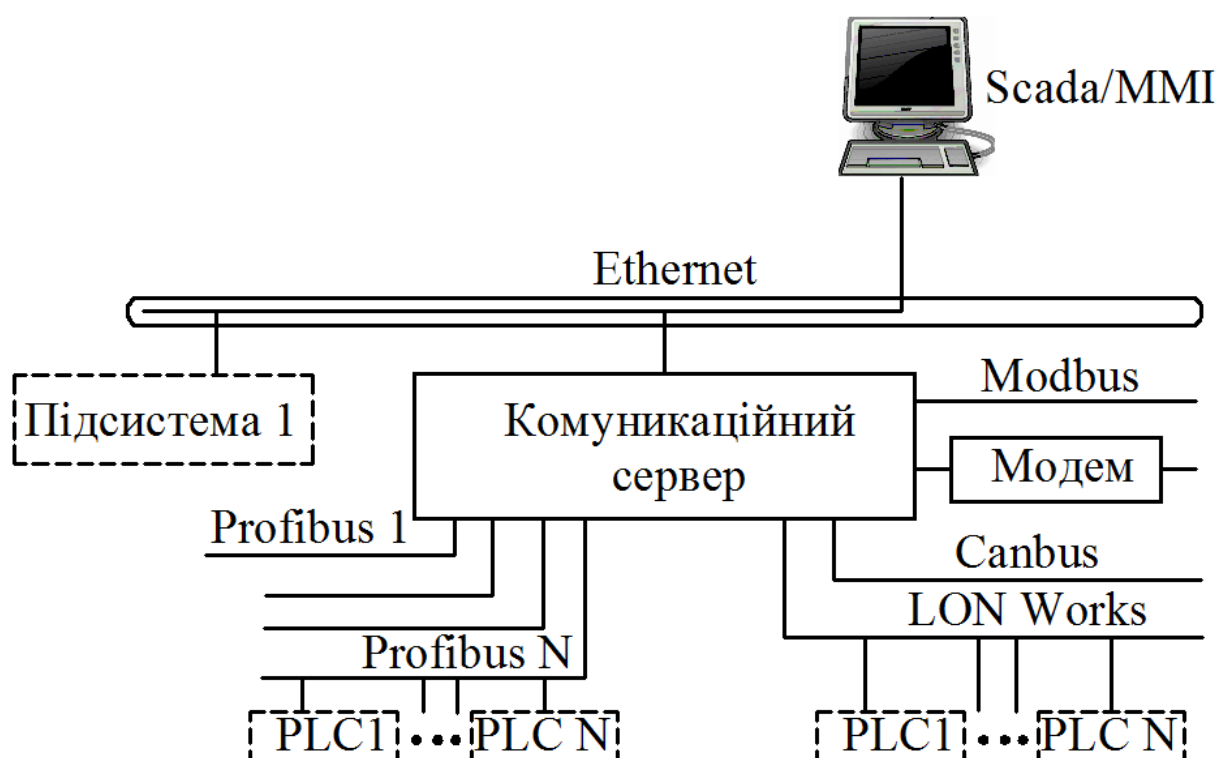


Рис.2.24. Узагальнена схема застосування концентратора для взаємодії підсистем нижнього рівня з верхнім рівнем АСКТП.

Інтеграційний сервер забезпечує інтеграцію різних підсистем у єдину АСКТП, що ілюструється рис. 2.25. Ці повнофункціональні сервери є найбільш потужними серед усіх типів серверів по апаратному і програмному оснащенню. Вони виконують як функції комунікаційного сервера, так і концентратора. Додатково реалізують широкий спектр спеціальних функцій по обробці даних, забезпечують виконання комплексних алгоритмів керування і синхронізації роботи підсистем та підтримку єдиного часу у системі та ін.

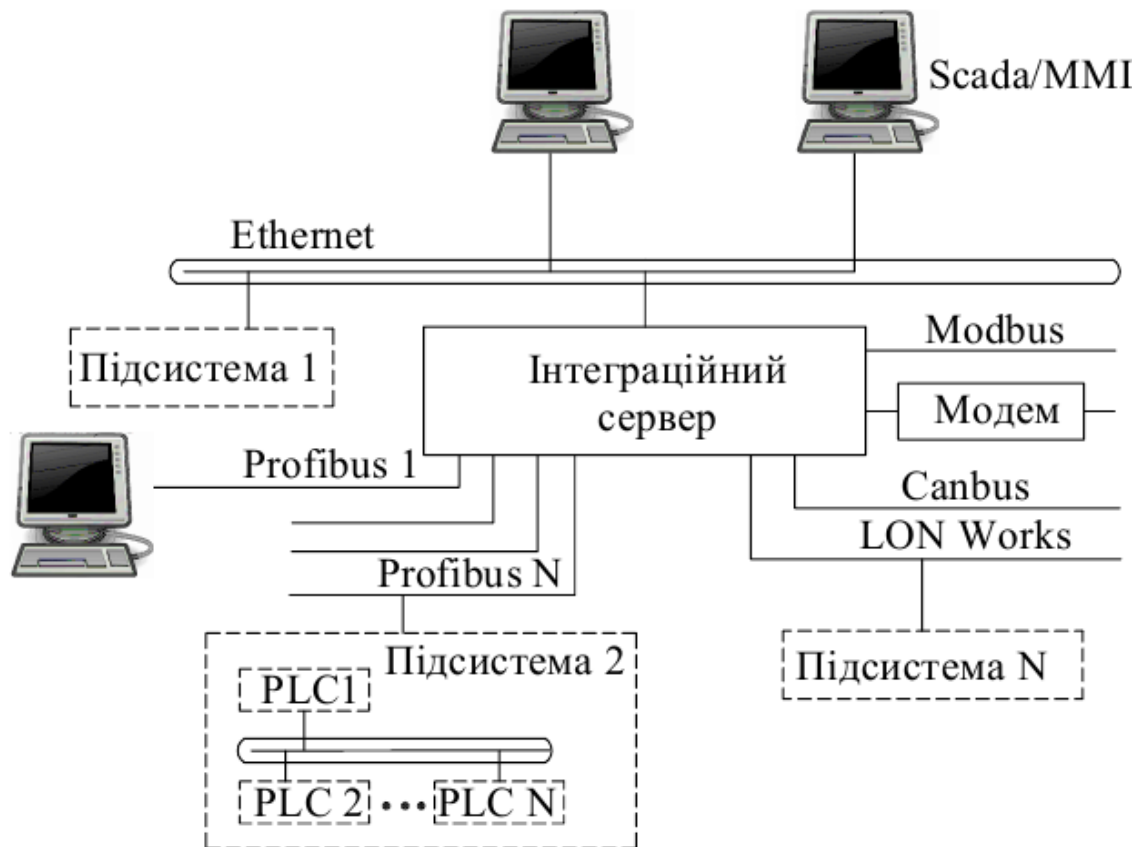


Рис.2.25. Узагальнена схема застосування інтеграційного серверу для об'єднання різних у єдину структуру АСКТП.

2.3. Програмне забезпечення

Програмне забезпечення (ПЗ) містить як системне, так і прикладне, що потрібні для реалізації усіх функцій АСКТП, обумовлених технічним завданням.

Системне програмне забезпечення – це операційні системи реального часу (ОС РЧ) контролерів і робочих станцій (пультів оператора). На відміну від звичайних (офісних) операційних систем ОС РЧ забезпечують гарантований час доступу до комп'ютерних ресурсів й реакції системи на незаплановані зовнішні впливи та здатні підтримувати швидкоплинні технологічні процеси (близько мілі- і мікросекунд). Найбільш поширені пакети програм ОС РЧ: QNX – операційна UNIX-подібна система контролерів; VxWorks – операційна система реального часу орієнтована на використання у вбудованих комп'ютерах; Wind River Linux – комерційний дистрибутив ОС Linux; Microsoft Windows Embedded – сімейство вбудованих операційних систем.

ційних систем Microsoft Windows; RTOS-32 – операційна система жорсткого реального часу для спеціалізованих вбудованих пристроїв на базі архітектури x86. Операційні системи робочих станцій забезпечують реалізацію мультипрограмного виконання завдань, розподілу черговості виконання завдань у відповідності до запитів і їхніх пріоритетів, організацію взаємодії між завданнями (програмами), ефективного розподілу ресурсів оперативної пам'яті, організацію роботи із зовнішніми пристроями за допомогою вбудованих у систему драйверів, збору і первинного відпрацьовування технологічної інформації в періодичному режимі, асинхронного вводу-виводу інформації на монітори й пристрої друку.

Прикладне програмне забезпечення (ППЗ) – складається з ППЗ пультів оператора, пакетів прикладних програм (за побажанням замовника) як загального призначення, так і об'єктного (оптимальне керування типовими процесами) та ППЗ контролерів.

ППЗ загального призначення як правило містить тестові редактори, електронні таблиці, системи управління базами даних.

ППЗ пультів оператора в сучасних умовах розробляється за допомогою пакетів програм візуалізації вимірювальної інформації на дисплейних пультах оператора, які називають конфігураторами пультів оператора, або SCADA-програмами. SCADA – це аббревіатура терміну Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерське управління і збір даних). Останнім часом ці пакети отримали більш чітку назву: MMI/SCADA, де MMI (Man Machine Interface) визначає наявність людино-машинного інтерфейсу. Ці пакети дозволяють створювати повне високоякісне ПЗ пультів оператора, які реалізуються на різних PC і робочих станціях комп'ютерних мереж. З середини 90-х років почата розробка універсальних і відкритих SCADA-програм, що мають сумісність інтерфейсів, протоколів, драйверів, які можна використовувати для широкого класу різних мікропроцесорних систем. SCADA-пакет це по суті комплекс інструментальних засобів для створення програмного забезпечення АСКТП.

На сьогоднішній час існує вже декілька десятків SCADA-програм (систем), серед яких найбільш поширені InTouch (Wonderware, США), FactoryLink (United States Data Co., США), iFIX (Intellution, США), Trace Mode (AdAstra Research Group, Росія), MasterSCADA (inSat, Росія), Sitex (Jade Software, Великобританія), Monitor Pro (Schneider Electric, Німеччина) та ін.

Основні функції SCADA-програм майже в усіх пакетах в частині роботи пульта у реальному масштабі часу (виконавчий комплекс SCADA) наступні:

- збір первинної інформації від пристроїв нижнього рівня (датчики, прилади, контролери і т.д.);
- первинна обробка (обчислювальна і логічна) вимірювальної інформації;
- архівація і збереження поточної інформації та її подальша необхідна обробка;
- перетворення поточної та історичної інформації на дисплеї (реалізація динамізованих мнемосхем, гістограм, анімаційних зображень, таблиць, графіків, трендів);
- повідомлення персоналу про передаварійні і аварійні ситуації (світова і звукова сигналізація);
- дистанційне керування технологічними процесами і об'єктами;
- ввід і передача команд і повідомлень оператора в контролери та інші пристрої системи;
- реєстрація всіх помилок і подій усередині системи керування (апаратні тривоги, помилки роботи мережі і т.д.), тобто виконання діагностичних процедур;
- захист від несанкціонованого доступу і надання прав користувачам під час роботи з системою (парольний захист);
- інформаційні зв'язки з серверами та іншими робочими станціями через різні мережні структури;
- виконання прикладних програм користувача та їх взаємозв'язок з поточною вимірювальною інформацією і задачами керування;

– друк звітів і протоколів довільної форми у певні моменти часу, запис аварійних ситуацій під час їх виникнення.

Велика кількість програм для промислової обробки даних реалізуються в сучасних умовах на базі РС під керуванням операційних систем сімейства Windows фірми Microsoft. Тому для вирішення комунікаційних проблем, пов'язаних з використанням в АСКТП апаратних засобів різних виробників, фірмою Microsoft було запропоновано технологію OPC, що стало на теперішній час промисловим стандартом. OPC (Object Linking and Embedding for Process Control) – це стандарт взаємодії між програмними компонентами системи збору даних і керування (SCADA), оснований на об'єктній моделі COM/DCOM. OPC – технологія призначена для забезпечення: універсального механізму обміну даними поміж датчиками, виконавчими пристроями, контролерами, пристроями зв'язку з об'єктом та системами представлення технологічної інформації; мережного диспетчерського керування; архівації даних системами керування базами даних.

Через інтерфейси OPC одні додатки можуть читати чи записувати дані в інші додатки, обмінюватись подіями, інформувати один одного про нештатні ситуації, здійснювати доступ до даних, що зареєстровані в архівах. Ці додатки можуть розташовуватись як на одному РС, так і бути розподіленими по мережі. При цьому незалежно від фірми-постачальника стандарт OPC, що визнаний і підтримується усіма провідними фірмами-виробниками SCADA-систем й обладнання, дозволяє забезпечити їх спільне функціонування. Окремий клас OPC-додатків являють собою OPC-сервери конкретних апаратних пристроїв, які постачаються багатьма виробниками апаратних засобів. OPC-сервер створює так звану абстракцію апаратури, дозволяючи будь-якому OPC-клієнту записувати і запитувати дані з пристрою. Пристрій, для якого існує OPC-сервер, може бути використаним з будь-якою сучасною SCADA-системою.

ПЛЗ контролерів – являють собою непроцедурні технологічні мови програмування. Це група мов, що описує організацію даних з

подальшою їх обробкою за фіксованими алгоритмами (табличні мови і генератори звітів), та група мов зв'язку з операційними системами. Таблиці рішень дозволяють чітко описувати як задачу, так і необхідні для її розв'язання дії. Одна таблиця рішень, що описує деяку ситуацію, містить усі можливі блок-схеми реалізацій алгоритмів розв'язання. Такий підхід дозволив уникнути проблеми взаєморозуміння програмістів і технологів, та забезпечити широкий доступ інженерів-технологів, які не є програмістами, до процесу програмування за допомогою спеціальних мов високого рівня.

За останній час з'явилося декілька технологічних мов програмування PLC, на базі яких у 1997 р. Міжнародною електротехнічною компанією (МЕК) був розроблений стандарт МЕК 61131-3, що концентрує усе передове у галузі мов програмування для систем автоматизації технологічних процесів.

Стандарт мов програмування контролерів МЕК 61131-3 вимагає від різних виробників PLC пропонувати команди, що мають бути однаковими як за зовнішнім виходом, так і по дії. Стандарт встановлює п'ять мов програмування PLC, з яких три графічних і два текстові з наступними назвами:

Ladder Diagram (LD або LAD) – мова релейно-контактних схем, чи релейні діаграми;

Structured Text (ST) – мова структурованого тексту;

Instruction List (IL) – мова інструкцій;

Sequential Function Chart (SFC) – мова послідовних функціональних блоків;

Function Block Diagram (FBD) – мова функціональних блокових діаграм.

Вибір однієї з п'яти мов визначається, як правило, поставленою задачею. Якщо вихідна задача формулюється у термінах послідовної обробки і передачі сигналів, то для неї найпростіше і наочніше використовувати мову FBD. Якщо задача характеризується описом послідовності спрацювань деяких ключів і реле, то для неї перевага має бути надана мові LD. Для задач, які формулюються у вигляді склад-

ного розгалуженого алгоритму, зручніше для застосування буде мова ST.

Мова LD є графічною мовою схожою на електричні схеми релейної логіки. Приклад програми на цій мові приведено на рис.2.26. За задумом авторів стандарту така форма представлення програми полегшує перехід інженерів з галузі релейної автоматики на PLC.

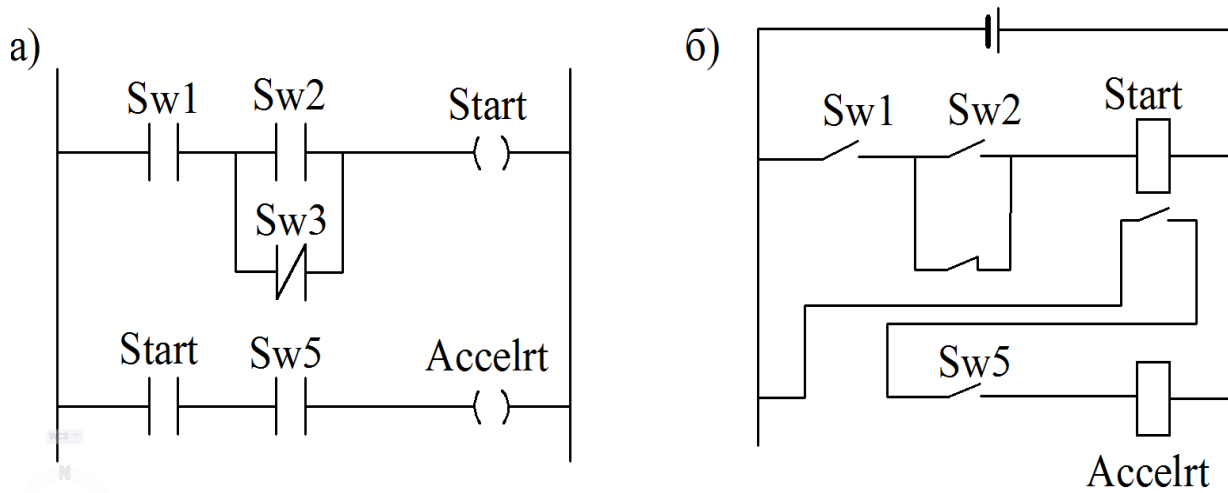


Рис.2.26. Приклад програми на мові LD (а) та її еквівалент у вигляді електричного кола з реле і вимикачами (б).

До недоліків цієї мови слід віднести те, що із збільшенням кількості «реле» у схемі вона стає складною для інтерпретації, аналізу і відлагодження. Крім того, мова LD може бути ефективно використана тільки для опису процесів, що мають дискретний (двійковий) характер, але для обробки неперервних процесів з великою кількістю аналогових змінних такий підхід втрачає сенс. Недоліком є також можливість розміщення на моніторі РС, чи панелі оператора під час програмування тільки невеличкої частини програми. Проте незважаючи на вказані недоліки, мова LD є найбільш поширеною, але використовується для програмування тільки простих задач.

Мова ST являє собою мову високого рівня та за структурою ближче всього до мови програмування Pascal. Приклад програми на мові ST наведено у вигляді лістингу 1.

Лістинг 1. Приклад програми на мові ST.

```
IF Voltage>200 THEN
    Current:=Current - 10; (*Якщо V>200В, то
зменшити струм на 10*)
ELSE
    Current:=50; Speed:=ON; (*Встановити струм
50А і включити мотор*)
END_IF;
```

За допомогою ST зручно реалізуються арифметичні і логічні операції (навіть побітові), безумовні і умовні переходи, циклічні обчислення. При цьому, можливе використання як бібліотечних, так і функцій користувача за викликом. Мова ST може бути засвоєна технологом за короткий час, однак текстова форма представлення програм є стримуючим фактором для розробки складних систем, бо не надає наочної уяви ні про структуру програми, ні про процеси, що відбуваються під час її виконання.

Мова IL нагадує мову асемблер, який за задумом авторів стандарту достатньо нескладний для практичного застосування користувачами у задачах промислової автоматизації, що не мають професійної підготовки у галузі програмування, але є спеціалістами в тій чи іншій сфері виробництва. Приклад програми на мові IL з коментарями приведений на лістингу 2.

Лістинг 2. Приклад програми на мові IL .

Мітки	Оператори	Операнди	Коментарі
	LD	VOLTAGE	(*загрузити Voltage в акумулятор*)
	GT	220	(*якщо>220*)
	JMPCN	M1	(*перейти до метки, якщо «220» не вірно*)
	LD	Current	(*завантажити Current в акумулятор*)

	SUB	10	(*відняти з акумулятора 10*)
	ST	Current	(*присвоїти Current значення акумулятора*)
M1	LD	0	(*завантажити в акумулятор значення «0»*)
	ST	Out	(*присвоїти Out значення акумулятора*)

В основі мови IL закладено поняття акумулятора і переходів по мітках. Починається програма із завантаження в акумулятор значення змінної. Подальші кроки програми полягають у вилученні вмісту акумулятора і виконанні над ним обмеженого числа припустимих дій (у мові IL їх всього 24).

Мова SFC по суті допоміжний засіб для структурування програм і призначений спеціально для програмування послідовності виконання дій системою керування, коли ці дії повинні бути виконані у задані моменти часу або при настанні деяких подій. Мова SFC побудована за принципом дуже близьким до концепції кінцевого автомату, що визначає її як одну із самих потужних мов програмування стандарту МЕК. Найбільш простим способом на мові SFC можуть бути описані технологічні процеси, що складаються з послідовних кроків. При цьому існує можливість опису декількох, необхідних для виконання, паралельних програм, для чого у мові є спеціальні символи розгалуження та злиття потоків (дивергенції та конвергенції в термінах стандарту МЕК). Кроки послідовності операцій розташовуються зверху до низу. На кожному кроці виконується певний перелік дій (операцій). Для опису самої операції використовуються інші мови програмування, такі як IL і ST. На рис.2.27 показаний фрагмент програми на мові SFC.

Програма складається з кроків і умов переходів. Кроки на схемі показані у вигляді прямокутників, а умови переходів – жирною підкресленою лінією. Початковий крок на схемі показується у вигляді

подвійного прямокутника. Умови переходів записуються поряд з їх значеннями. Кожний крок програми може являти собою реалізацію складного алгоритму, написаного на одній з МЕК-мов.

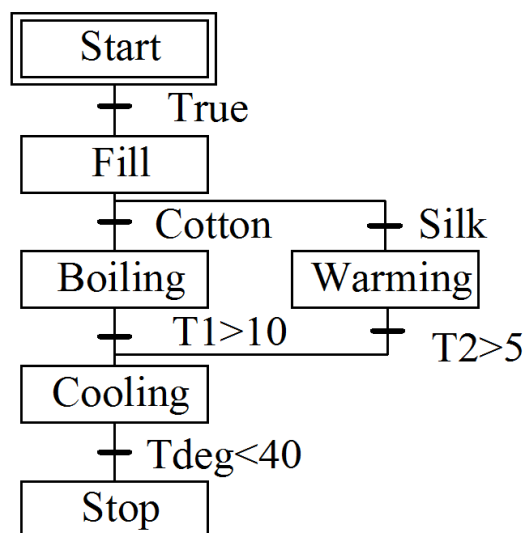


Рис.2.27. Приклад програми на мові SFC .

Мова FBD є найбільш поширеною і зручною для застосування мовою стандарту МЕК. Програма на мові FBD становить собою сукупність функціональних блоків, виходи і входи яких з'єднані лініями зв'язку. Функціональні блоки по суті є фрагментами програми, що написані на IL, SFC чи інших мовах, що можуть бути багатократно використані у різних частинах програми. Зв'язки, що з'єднують вихід одних блоків з входами інших, є по суті змінними програми і забезпечують пересилку даних поміж блоками. Кожний блок являє собою математичну операцію (складання, множення, тригер, логічного чи ПД-перетворення та ін.) і може мати взагалі довільну кількість виходів і входів. Початкові значення змінних задаються за допомогою спеціальних блоків-входів, чи констант, вихідні дані можуть бути зв'язані або з фізичними входами контролера, або з глобальними змінними програми. Приклад фрагменту програми на мові FBD наведений на рис. 2.28.

Застосуванню функціональних блоків присвячений також стандарт МЕК61499, що встановлює загальну архітектуру функціональ-

них блоків і надає інструктивні матеріали для їх застосування у розподілених системах промислової автоматизації. Особливістю цього стандарту є можливість керування подіями та більша ступінь узагальнення функціональних блоків, а також орієнтація на системи, у яких функціональні блоки керуються подіями. Функціональний блок характеризується ім'ям типу та ім'ям екземпляру блоку. Так, ім'ям типу може бути «PID-алгоритм», а імен екземплярів може бути багато (PID1, PID2 і т.д.), тобто за кількістю блоків використаних у комп'ютерній системі. При цьому, кожний блок має свої функціональні характеристики, які визначаються комбінацією внутрішніх даних, станів та алгоритмів, а також функціональними можливостями ресурсів PLC. Функціями ресурсу є прийом даних і подій через входні інтерфейси, обробка і видача їх через вихідні інтерфейси. Спрощеним варіантом цієї мови є мова ФАБЛ.

Відкритість МЕК стандартів призвела до створення фірм, що займаються виключно інструментами програмування PLC.

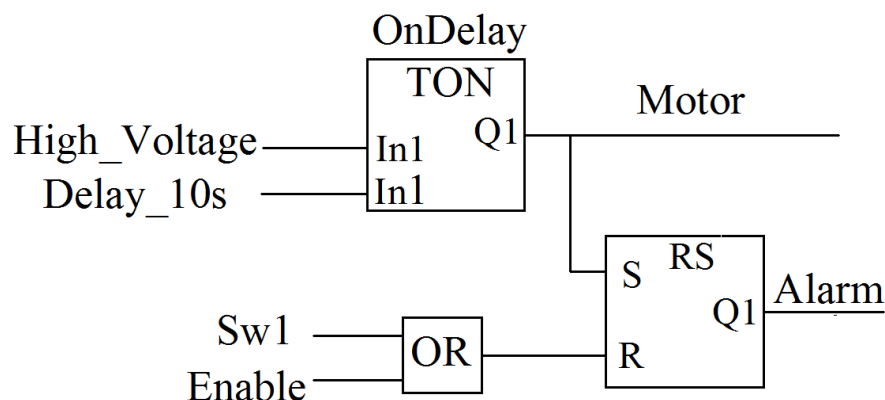


Рис.2.28. Приклад програми на мові FBD.

Системи програмного забезпечення контролерів, що найбільш поширені у світі: CodeSys фірми 3S-Smart Software Solutions GmbH та ISaGRAF компанії ICS Triplex ISaGRAF.

CodeSys (Controller Development System) являє собою комплекс програм для проектування прикладного програмного забезпечення,

відлагодження програми у реальній ситуації та завантаження її у PLC. Основними складовими системи є дві підсистеми: середовище розробки програми і середовище її виконання (CodeSys SP), що знаходиться у PLC (рис.2.29).

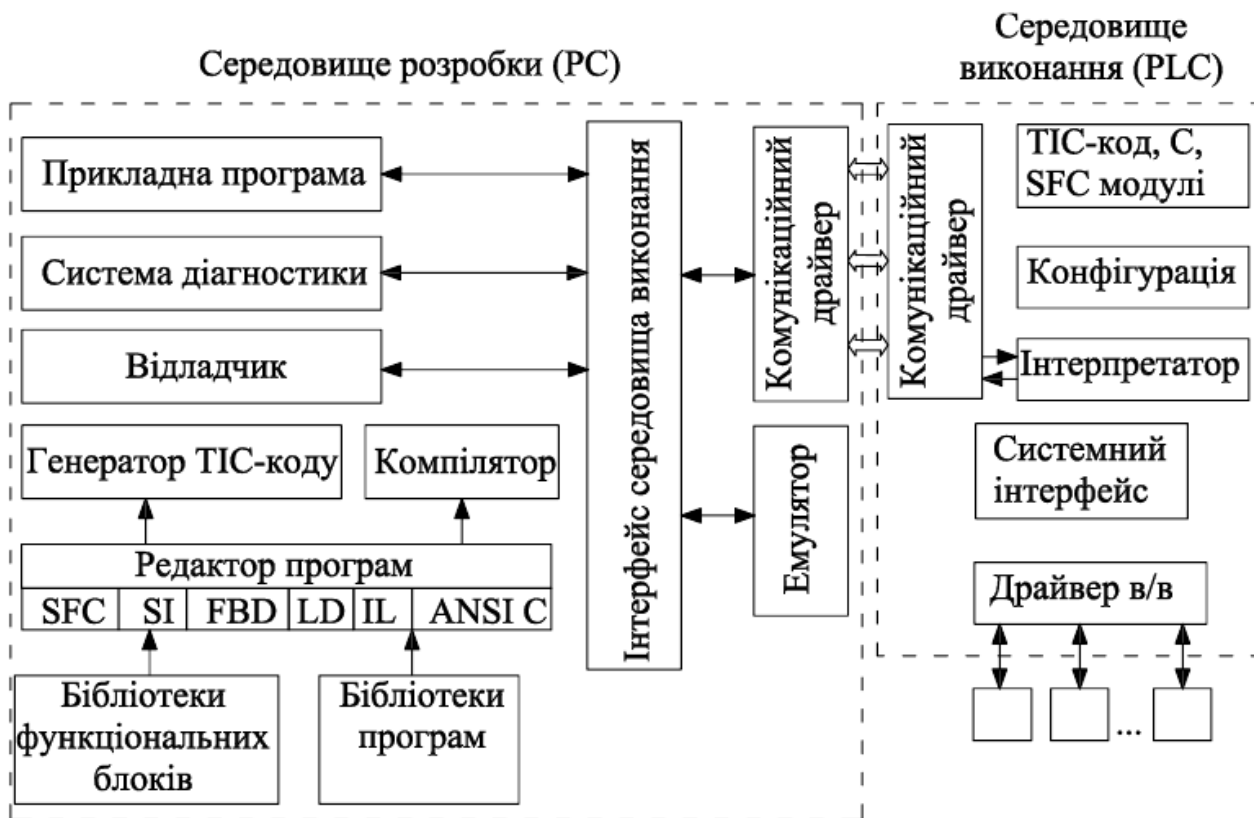


Рис.2.29. Організація підсистем розробки та виконання PLC на базі PC.

До CodeSys входять графічні і текстові редактори для усіх п'яти мов MEK 61131-3. Програма, яка написана на мовах MEK, компілюється системою CodeSys у машинний код, що оптимізований для заданої апаратної платформи. Комп'ютер видає діагностичні повідомлення як на етапі компіляції, так і на етапі вводу операторів мови. Машинний код, що сгенерований компілятором CodeSys, завантажується у PLC, після чого розробник має можливість використати широкій набір функцій для швидкого відлагодження додатку. Програму можна виконувати по крокам, або по контрольним циклам та задавати точки останову програми з переглядом стеку викликів. За відсутністю реального PLC відлагодження програми можна виконувати за допомогою вмонтованого програмного емулятора. Система також

містить вмонтований багатоканальний трасировщик (графічний самописець) значень змінних, який дозволяє наочно представляти дані проекту та акумулювати їх у пам'яті PLC. Існує можливість і «гарячого оновлення» системи, тобто здійснювати заміну частини програми контролера без зупинки виконання прикладної програми.

Програмований пристрій з'єднується з CodeSys через допоміжний програмний компонент – шлюз зв'язку, що використовує протокол TCP/IP. Шлюз працює на PLC програміста або віддалено, наприклад через мережу Ethernet. PLC підключається до PC через будь-який послідовний канал інтерфейсу чи мережу. У разі необхідності додається драйвер, що забезпечує виробнику PC можливість підтримки свого оригінального протоколу зв'язку. Спілкування PLC зі SCADA системою здійснюється за допомогою стандартного OPC-сервера.

Середовище виконання CodeSys може функціонувати у PLC під керуванням різних операційних систем або взагалі без них, у тому числі на звичайному PC. При цьому прикладна програма залишається працездатною навіть при зависанні операційної системи.

Окрім засобів програмування CodeSys має вмонтовану систему візуалізації, яка застосовується для оперативного керування, а також для моделювання на етапі розробки. Візуалізацію можна забезпечити на PC, графічній панелі PLC або на вмонтованому в PLC Web-сервері. Комплекс програмування CodeSys побудований по компонентній технології Microsoft. Тому користувач PLC може додавати у комплекс свої власні компоненти, від конфігуратора оригінальної мережі до власної мови програмування PLC. У випадку раптового відключення живлення комплекс CodeSys автоматично зберігає значення змінних у флеш-пам'яті або в ОЗП з живленням від акумулятора.

Система ISaGRAF також складається із двох частин. Перша частина підтримує усі п'ять мов MEK 61131-3 та функціональні блоки MEK 61499, має середовища для редагування, компіляції, документування, керування бібліотеками, архівування, моделювання систе-

ми за відсутністю реального PLC і відлагодження у разі підключення PLC. Друга частина може функціонувати практично з будь-якою операційною системою і на будь-якій апаратній платформі, навіть з використанням РС.

Комплекс програм ISaGRAF першим на ринку застосував стандарт МЕК 61499 для програмування розподілених систем керування. Зв'язок між SCADA-пакедом і PLC, що запрограмований у системі ISaGRAF, здійснюється за допомогою стандартного OPC-серверу. Середовище виконання створюється і завантажується до PLC виробником контролера та є незалежним від програми керування, що використовується у PLC.

Середовище розробки має такий самий як Windows-додатки інтерфейс з підказками, панелями інструментів, вікнами, з функціями вставок і заміни та т.п. Код, отриманий на виході середовища розробки, може виконуватись на будь-якій апаратно-програмній платформі без змін, якщо на ній попередньо встановлено середовище виконання. Середовище розробки може також транслювати програму користувача, що написана на МЕК-мовах, у текст на мові С+.

Таким чином, застосуванням цих систем програмування забезпечується:

- повноцінна реалізація МЕК-мов;
- виконання відлагодження проекту без апаратних засобів, завдяки вмонтованому емулятору, тобто емулююється не деякий абстрактний PLC, а певний контролер з урахуванням його апаратної платформи;
- можливість створення моделі об'єкта керування та проведення відлагодження, завдяки вмонтованим елементам візуалізації, тобто створення людинно-машинного інтерфейсу (НМІ);
- дуже широкий набір сервісних функцій, що прискорює роботу програміста.

Слід відзначити, що існує і російська версія програми з російською документацією.

3. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РЕГУЛЮЮЧІ ПРИСТРОЇ

Мікропроцесорні регулюючі прилади характеризуються жорсткою структурою алгоритмів обробки сигналів та керування, що закладені у постійну пам'ять МП. Особливість мікропроцесорних регуляторів полягає в тому, що циклічність їх роботи здійснюється автоматично тільки системним програмним забезпеченням. Системне програмне забезпечення, як правило, безпосередньо контролює апаратні засоби регулятора, відповідає за тестування та ідентифікацію роботи пам'яті, джерела живлення, блоків вводу-виводу інформації, інтерфейсів. Це програмне забезпечення розробляється виробником регуляторів і розташовано у постійній пам'яті МП. Проводячи аналогію з РС можна стверджувати, що це операційна система, яка керує роботою вузлів регулятора, взаємозв'язком складових частин й внутрішньою діагностикою. У разі вимкнення живлення регулятор готовий взяти на себе керування системою вже через декілька мілісекунд. При цьому, завдяки жорсткій (постійній) структурі алгоритмів обробки сигналів та керування, перепрограмуванню в режимах конфігурування підлягають лише алгоритми керування, параметри їх настроювання або характеристики параметрів, що описують процеси вимірювання та індикації.

3.1. Комплекс мікропроцесорних вимірювачів-регуляторів серії ОВЕН ТРМ

Комплекс приладів ОВЕН ТРМ – це окрема низка локальних засобів автоматизації, що знайшли поширення у різних галузях промисловості завдяки розгалуженій номенклатурі приладів з великим набором функціональних можливостей. Окремі характеристики деяких з цих приладів зведені до табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Основні характеристики деяких вимірювачів-регуляторів серії ОВЕН ТРМ

Характеристики	ТРМ1	2ТРМ1	ТРМ10	ТРМ101	ТРМ201	ТРМ202	ТРМ212
Кількість входів-виходів:							
- аналогові входи	1	2	1	1	1	2	2
- аналогові виходи	1	2	1	2	1	2	1
- дискретні виходи	1	2	2	2	1	2	2
Напруга живлення	90÷245 В з частотою 47÷63 Гц						
Алгоритм регулювання	Двопозиційний або аналоговий П-закон	Двопозиційний, аналоговий чи імпульсний ПД-закон	Двопозиційний, аналоговий чи імпульсний ПД-закон	імпульсний ПД-закон	Двопозиційний або аналоговий П-закон		
Напруга вмонтованого джерела живлення	24 В						
Вмонтований інтерфейс	—						
Можливість програмування	Кнопками з лицевої панелі приладу			Конфігурування на РС або кнопками з лицевої панелі приладу			
Типи дискретних вихідних пристроїв	Р – електричне реле (1А для ПД-регулювання і 8 А для сигналізації); К – транзисторна оптопара (400мА, 60В постійного струму); С – симісторна оптопара з внутрішньою схемою переходу через нуль (240 В, 50мА); Т – твердотільне реле (4÷6В, 50мА)						
Типи аналогових вихідних пристроїв	И – цифро аналоговий перетворювач (ЦАП) у струм 4÷20мА (навантаження до 1кОм, напруга живлення 10÷30В постійного струму); У – ЦАП у напругу 0÷10В (навантаження до 2кОм, напруга живлення 15÷32В)						
Клас точності вимірювання	0,5 – для термоперетворювачів; 0,25 – для інших типів датчиків						

Вимірювачі-регулятори призначені для вимірювання й регулювання як температури з підключенням до входу термоопорів або термопар, так і інших фізичних величин, що перетворені в електричний уніфікований сигнал по струму ($0\div 5\text{mA}$, $0\div 20\text{mA}$, $4\div 20\text{mA}$) або напруги ($0\div 1\text{V}$). Прилади найчастіше мають два виконання для монтажу – настінне ($130\times 105\times 65\text{ мм}$) і щитове ($96\times 96\times 70\text{мм}$). Всі параметри настроювання після програмування зберігаються в енергонезалежній пам'яті приладу і залишаються незмінними у разі відключення живлення. Модифікація вхідного і тип вихідного пристрою визначається при заказі приладу. В деяких моделях тип вхідного пристрою програмується. Функціонально схеми приладів побудовані на ідентичній апаратній базі та алгоритмічній структурі обробки інформації.

Прилади, що оснащені інтерфейсом RS-485 мають можливість підключення до PC через адаптери ОВЕН АС3-М, ОВЕН АС4, або інший для забезпечення перетворення RS-485 в RS-232 чи в USB. За такого підключення з PC можна здійснювати читання параметрів, що вимірюються, зміну режимів керування, пуск/зупинку процесу регулювання.

У якості прикладу на рис.3.1 наведена типова схема промислової мережі, побудованої на базі інтерфейсу RS-485, який мають більшість приладів ОВЕН ТРМ.

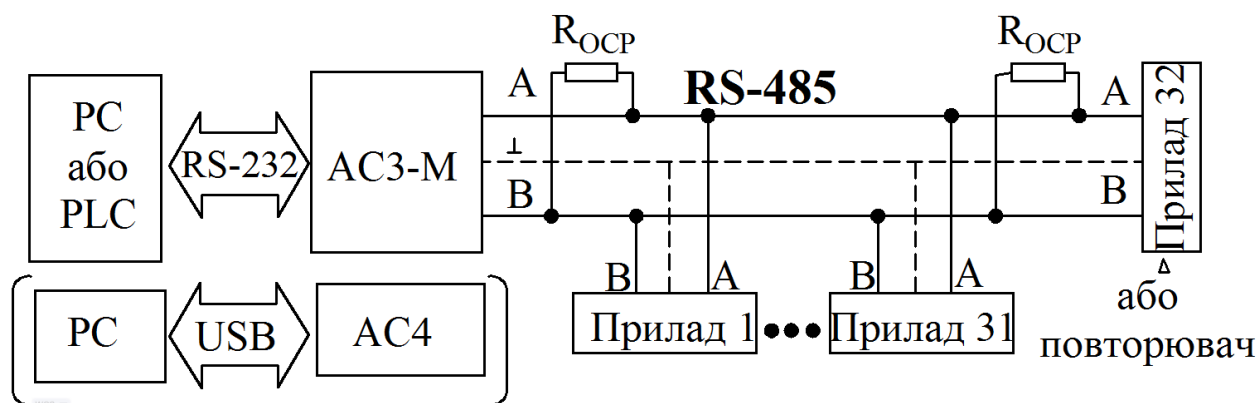


Рис.3.1. Типова схема промислової мережі на базі інтерфейсу RS-485.

По цьому інтерфейсу дані передаються в асинхронному режимі за допомогою «симетричного» (диференціального) сигналу по двом лініям А і В. Максимальна довжина лінії зв'язку між крайніми пристроями до 1,2 км та більше у разі застосування повторювачів. Якщо довжина лінії зв'язку понад 100 м у максимально віддалених одна від одної точках мережі рекомендується встановлювати узгоджуючі резистори $R_{\text{оср}}$ номіналом від 100 до 250 Ом, що компенсують хвильовий опір кабелю і мінімізують амплітуду відбитого сигналу. Кількість пристроїв у мережі не повинно перевищувати 32 (без використання повторювача). У разі інтеграції цих пристроїв до АСКТП у якості програмного забезпечення використовують SCADA-систему Owen Process Manager чи будь-яку іншу програму. При цьому на замовлення можуть бути поставлені: драйвер для Trace Mode; OPC-сервер для підключення приладу TPM до будь-якої SCADA-системи або іншої програми, що підтримує OPC-технологію; бібліотека WINDLL для швидкого підключення драйверів.

Обмін даними між програмним забезпеченням SCADA-системи і приладом через OPC-сервер за протоколами OVEN або ModBus наочно ілюструється рис.3.2.

OPC-сервери OVEN працюють в ОС Windows. Особливість OPC-сервера OVEN – це можливість функціонувати як у режимі «master», так і «slave» у мережі RS-485. Якщо OPC-сервер працює у режимі «slave», функції «master» може виконувати прилад, що підключений до мережі RS-485 (тобто прилад TPM).

Нижче розглянуті більш детально деякі вимірювачі-регулятори типу TPM.

Вимірювач-регулятор 2TPM1, функціональна схема якого представлена на рис.3.3 містить два ідентичних входи. До цих входів можуть бути підключені датчики температури або датчики з уніфікованим сигналом постійного струму чи напруги. Блоком обробки інформації здійснюється попередня обробка вихідного сигналу (цифрова фільтрація, корекція й масштабування), індикація параметрів

вимірювання та формування сигналу керування вихідним пристроєм (ВП).

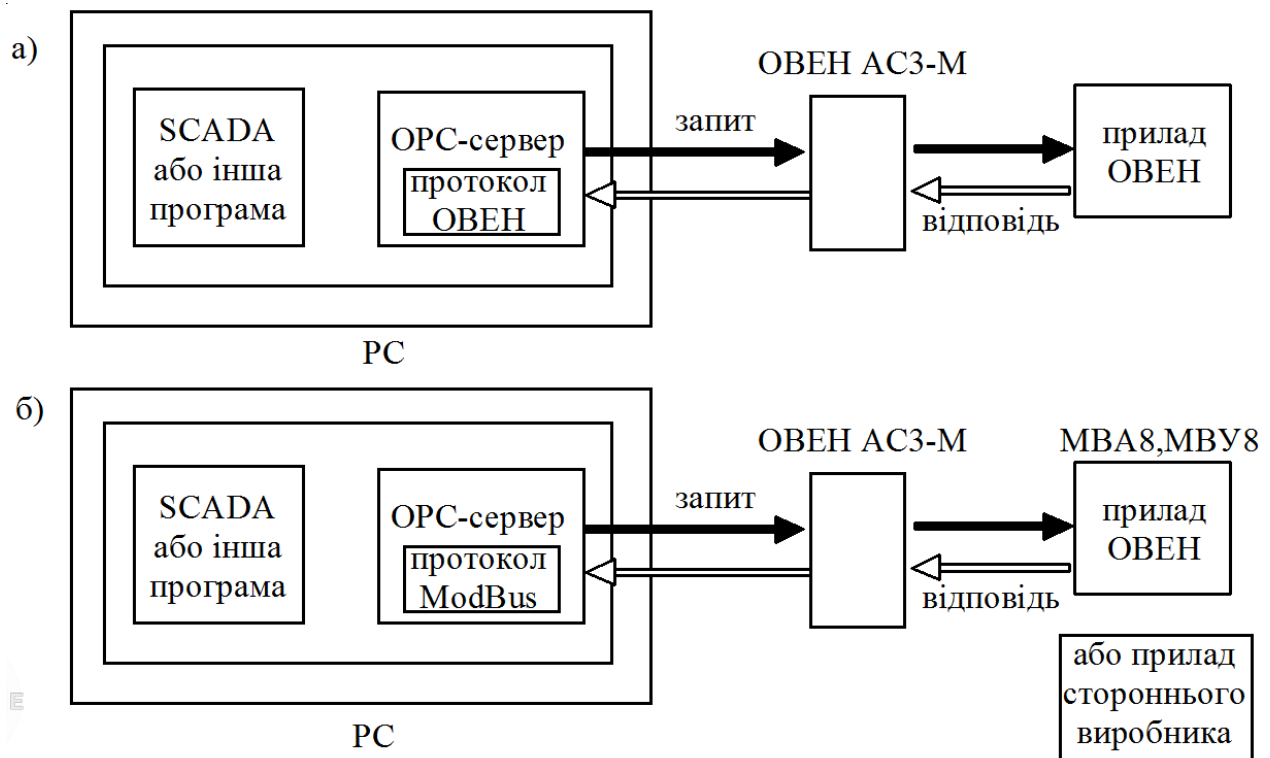


Рис.3.2. Ілюстрація обміну даними між програмним забезпеченням SCADA-системи і приладом через OPC-сервер за протоколами ODBC (а) і ModBus (б): MBA8, MBY8 – модулі вводу-виводу відповідно аналоговий і дискретний.

Крім того, цей блок містить логічний пристрій (ЛП), який може функціонувати в одному з трьох режимів (компаратор, П-регулятор і реєстратор). Режим компаратора забезпечує реалізацію двопозиційного закону регулювання. Робота ЛП у цьому режимі вимагає застосування вихідного пристрою ключового типу (реле, оптосимістор, транзисторний ключ). У режимі П-регулятора реалізується аналогове П-регулювання. За цим режимом та режимом реєстрації необхідно застосування у якості вихідного пристрою цифро аналогового перетворювача з вихідним сигналом $4\div 20\text{mA}$ або $0\div 10\text{V}$.

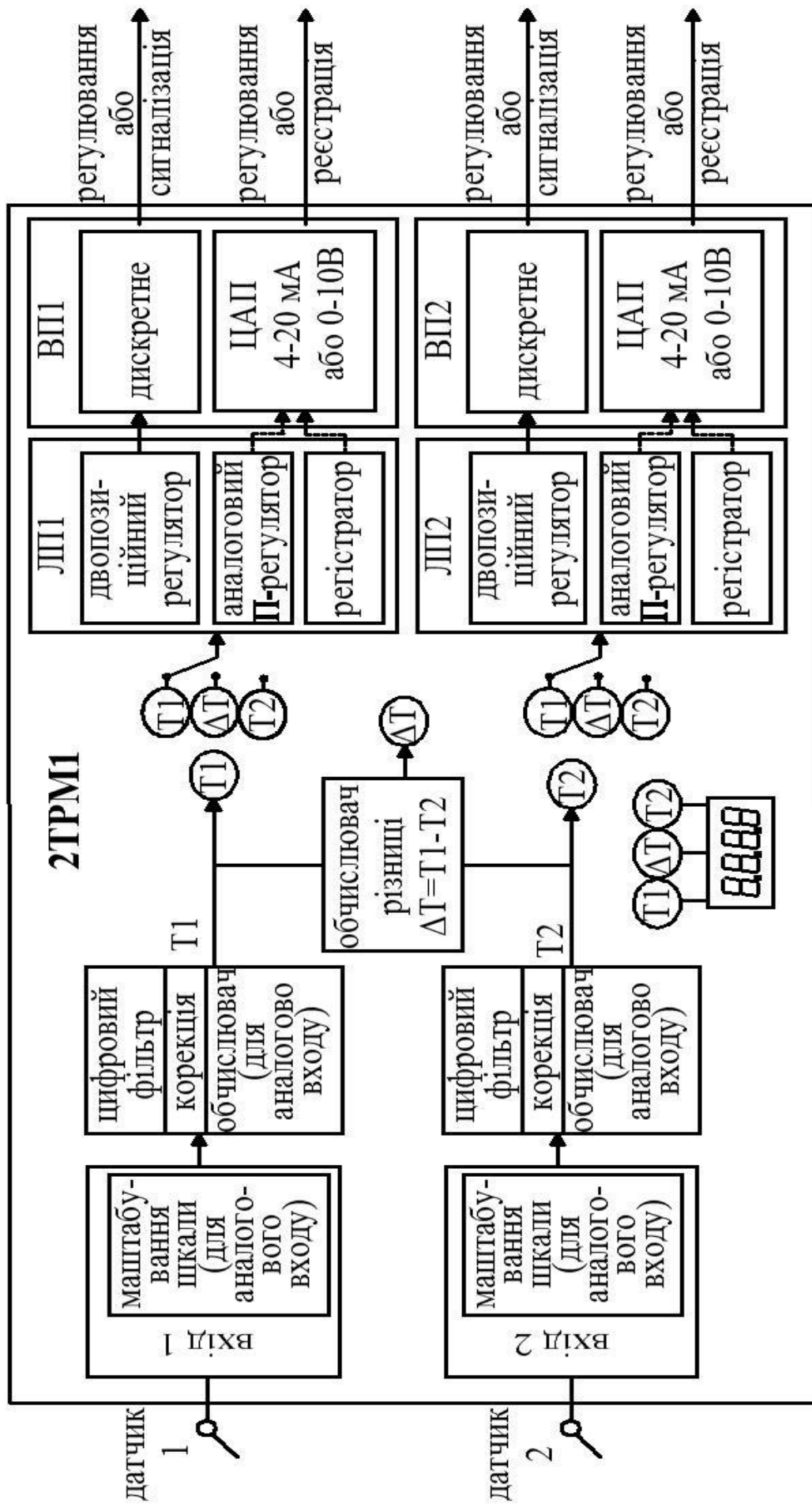


Рис.3.3. Функціональна схема приладу 2ТРМ-1.

Підключення вхідних і вихідних пристроїв здійснюється у відповідності зі схемою, наведеної на рис.3.4. Особливість застосування тих чи інших вихідних пристроїв, що представлені у табл.3.1, вимагає й окремих змін у схемах їх підключення, що наочно ілюструється рис.3.5. При цьому підключення до виходу ВП2 ідентично рис.3.5 з тією різницею, що змінюється лише маркування вихідних затискачів.

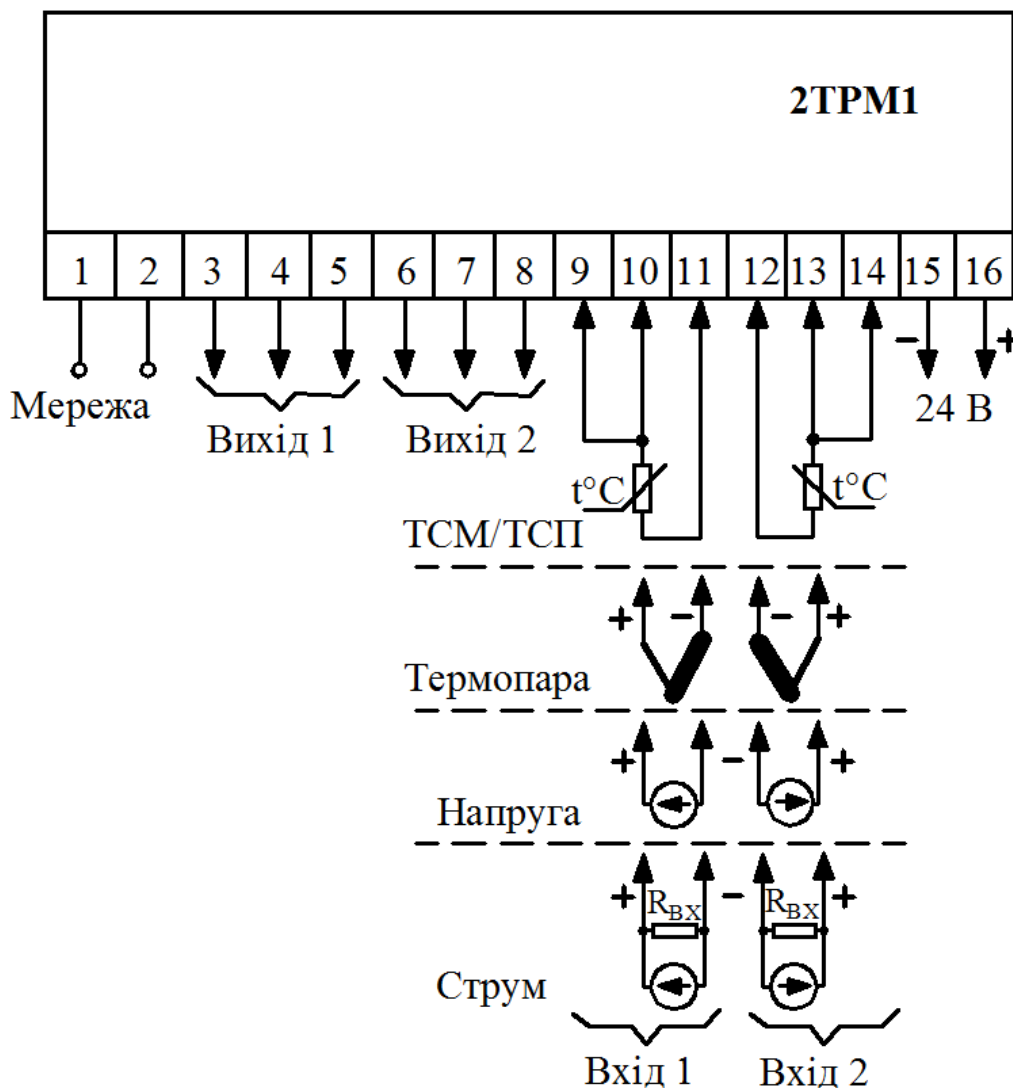


Рис.3.4. Загальна схема підключення зовнішніх пристроїв до приладу 2TRM1.

Вимірювач-регулятор ТРМ10 призначений для вимірювання вхідного параметру, широтно-імпульсного (ШІМ) чи аналогово регулювання по ПІД-закону регулювання. Також прилад формує на своїх виходах дискретний сигнал у вигляді замикання контактів ре-

ле, який може бути використаний для двопозиційного регулювання або сигналізації у разі виходу параметра за встановлені межі. Функціональна схема приладу наведена на рис.3.6.

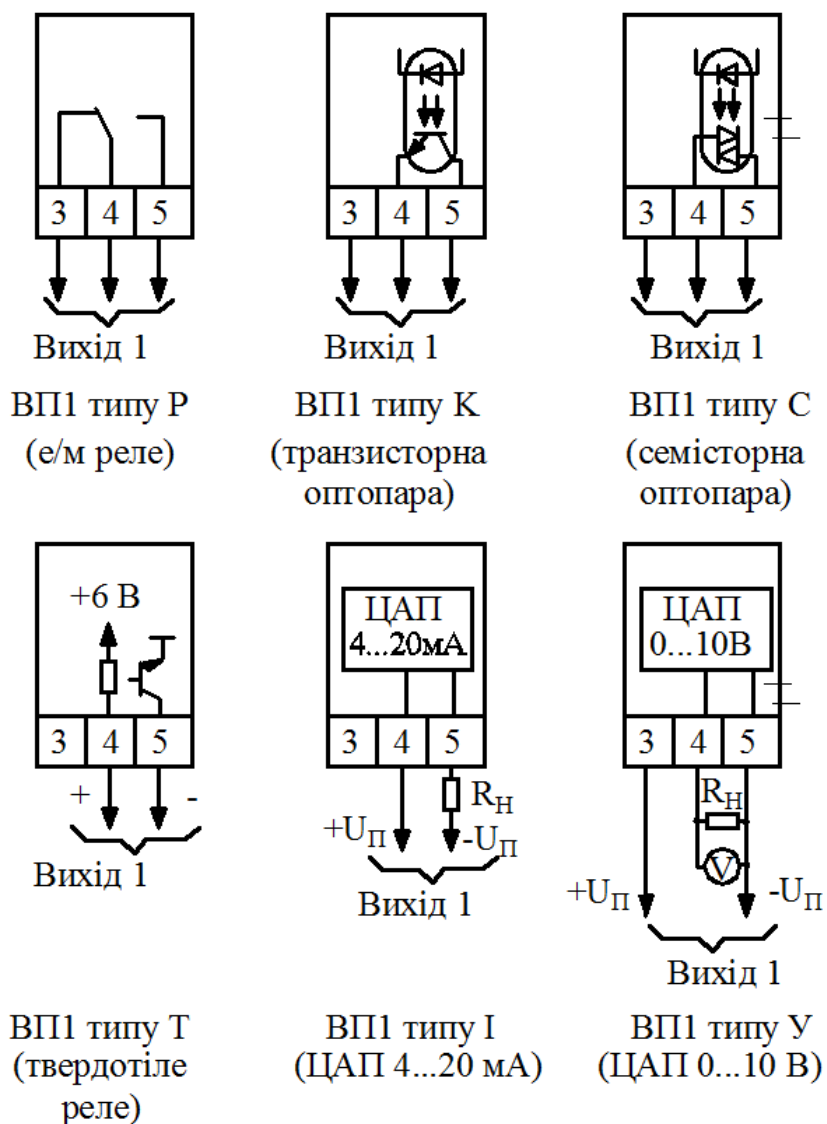


Рис.3.5. Загальна схема підключення виходів ВУ1 приладу 2ТРМ1 для керування різними типами вихідних пристроїв.

Згідно цієї схеми прилад містить блок обробки даних з двома логічними пристроями: ПД-регулятор і пристрій порівняння. Поточне значення параметру, що регулюється, надходить на входи обох логічних пристроїв. Кожен логічний пристрій має особисті уставки і працює незалежно один від одного. У залежності від встановленого у приладі вихідного пристрою сигнал з ПД-регулятора може бути

перетворений у послідовність імпульсів (за допомогою ШІМ) для керування електродвигунами, виконавчими механізмами або в аналоговий сигнал $4\div 20\text{mA}$ чи $0\div 10\text{V}$. Підключення вхідних і вихідних пристроїв (ВП1, ВП2) та маркування датчиків ідентично схемі наведеній на рис.3.4 і 3.5.

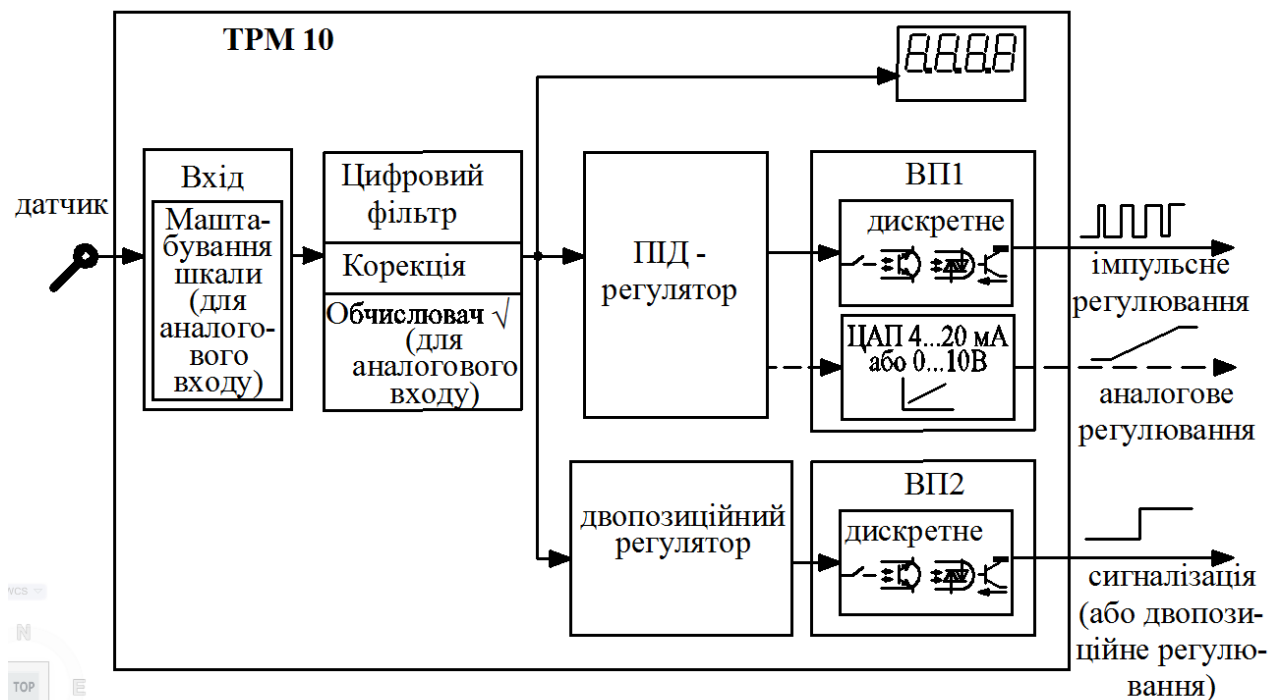


Рис.3.6. Функціональна схема приладу ТРМ10.

Вимірювач-регулятор ТРМ101 з універсальним входом являє собою одноканальний ПІД-регулятор, що оснащений: універсальним входом для підключення датчиків; додатковим входом для дистанційного керування; блоком обробки даних, який формує сигнал керування вихідними пристроями; двонаправленим інтерфейсом RS-485 із швидкістю передачі даних до 115,2 кбіт/с. Згідно функціональній схемі ТРМ101, що наведена на рис.3.7, прилад має один вхід для датчиків і додатковий вхід для можливості одночасного підключення двох зовнішніх ключів: для керування запуском/зупинкою процесу регулювання та для перемикання на керування від РС по інтерфейсу RS-485. Налаштування коефіцієнтів ПІД-алгоритму на об'єкті здійснюється за алгоритмом автоналаштування, за якого прилад об-

числює оптимальні для окремого об'єкту значення коефіцієнтів закону регулювання, а також постійну часу цифрового фільтру й період прямування керуючих імпульсів.

Керування навантаженням може здійснюватись двома способами: імпульсним (через реле, транзисторну чи семісторну оптопару) або аналоговим (струмом 4÷20 мА) сигналами. Спосіб керування визначається встановленим на замовлення у приладі вихідним пристроєм. У ТРМ101 реалізована функція виявлення обривів у контурі регулювання (ЛВА). Прилад контролює швидкість подачі параметру регулювання і здійснює видачу сигналу про аварію, якщо за умови подачі максимального керуючого впливу значення величини, що регулюється, не змінюється протягом певного часу. Два вихідних пристрої можуть бути у наступних сполученнях: обидва ключового типу; ВП1 – ключовий, ВП2 – аналоговий; обидва виходи аналогові. Підключення звичайних пристроїв до приладу здійснюється у відповідності зі схемою, наведеній на рис.3.8. Вихідні пристрої мають ідентичне підключення, що представлено на рис.3.5, відрізняється лише маркування затискачів. Мікропроцесорний регулятор має приладне виконання з габаритними розмірами 48×48×102 мм.

3.2. Комплекс мікропроцесорних приладів “МИНИТЕРМ”

Комплекс приладів МИНИТЕРМ – це група локальних засобів автоматизації різноманітних технологічних об'єктів, яка відрізняється простотою застосування при достатньо високій точності регулювання і широких функціональних можливостях. Комплекс призначений для автоматичного регулювання технологічних параметрів різноманітних установок: печей і сушильних камер, котлоагрегатів і систем теплопостачання, водо- і повітрянагрівачів, кліматичних камер і кондиціонерів, установок для переробки пластмас, агрегатів для пастеризації молока і випічки хлібобулочних виробів, а також багатьох інших процесів і установок.

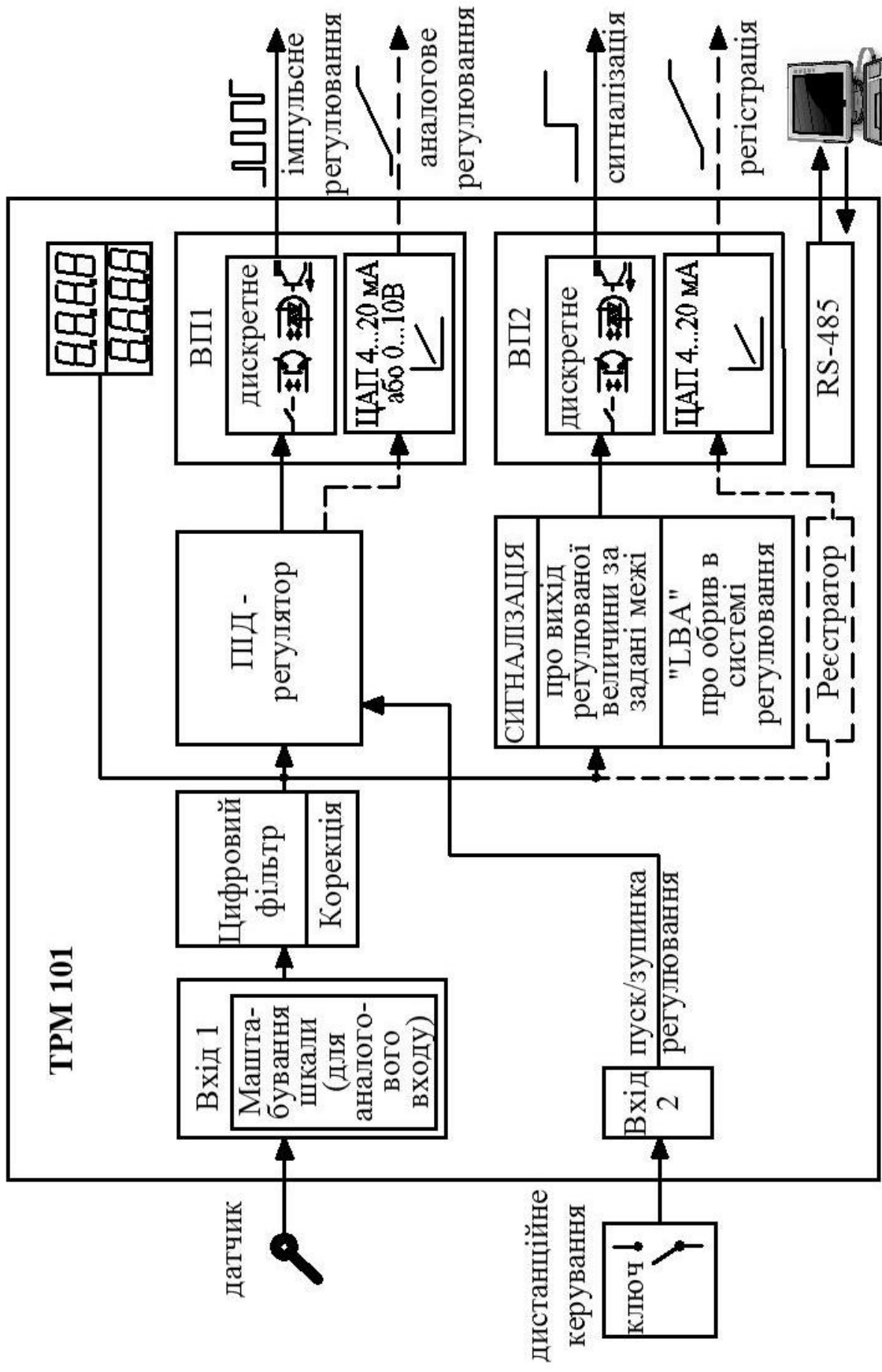


Рис.3.7. Функціональна схема приладу TRM 101.

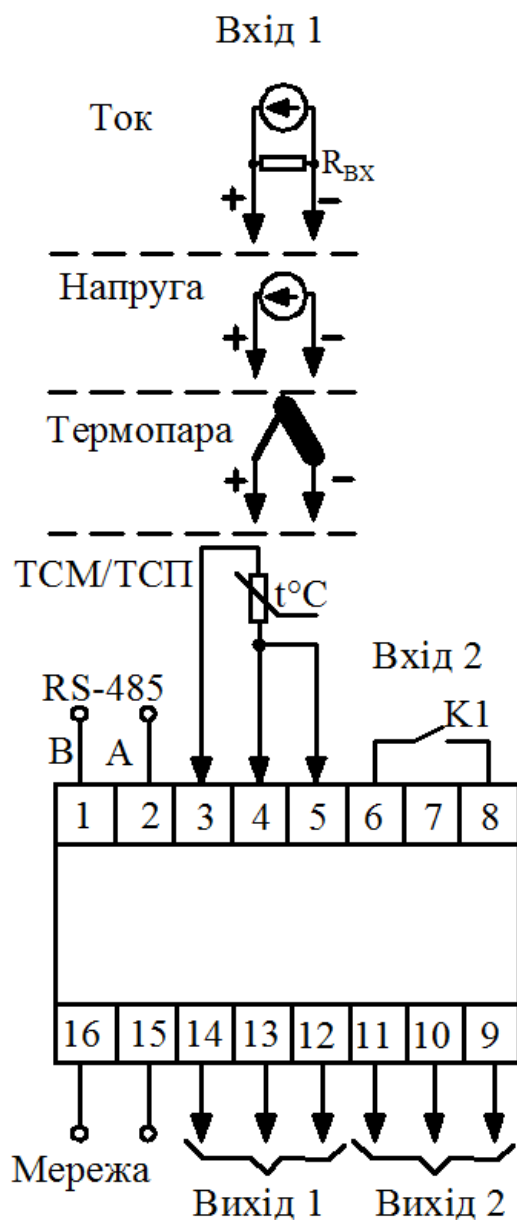


Рис.3.8. Загальна схема підключення зовнішніх пристроїв до приладу TRM101.

Комплекс приладів МИНИТЕРМ 400 утворюють регулятори: МИНИТЕРМ 400.00 – для роботи з датчиками, що мають вихідні сигнали ($0 \div 5$ мА, $0(4) \div 20$ мА, $0 \div 10$ В, $0 \div 50$ мВ) постійного струму; МИНИТЕРМ 400.20, 400.21, 400.22 – для роботи з термометрами опору з НСХ 50П, 50М, 100П, 100М; МИНИТЕРМ 400.30, 400.31 – для роботи з термоелектричними термометрами (термопарами) з НСХ ХА(К), ХК(Л), ПП(С). Модифікації приладів відрізняються ли-

ше програмою, що міститься у постійному запам'ятовуючому пристрої (ПЗУ) відповідного регулятора.

На замовлення споживача регулятор може комплектуватися будь-яким із наступних підсилювачів потужності, що входять до складу комплексу: У300, У330, У330.Р2 – тиристорні реверсивні підсилювачі для керування однофазними електродвигунами; У24 – тиристорний реверсивний підсилювач для керування трифазними електродвигунами; У13Н – тиристорний підсилювач потужності змінного струму для керування електронагрівачами. Кожний з цих підсилювачів додатково забезпечує живлення регулятора напругою 24В постійного струму. Якщо підсилювач не застосовується, тоді для живлення регуляторів може бути використаний один із наступних групових джерел живлення серії П300: П300.2 здійснює живлення двох регуляторів, П300.4 – чотирьох регуляторів, а П300.Р2 – двох регуляторів з можливістю видачі дискретних сигналів, завдяки вмонтованих у ньому трьох реле.

Комплекс забезпечує цифровий інтерфейсний зв'язок кільця, що може вміщувати до 16 регуляторів з ПЕОМ верхнього рівня керування за протоколом RS232C (“Стик С2”). Для підвищення дальності передачі інформації до складу комплексу входить перетворювач И300, що здійснює перетворення сигналу RS232C у сигнал за протоколом ИРПС (“струмова петля”). По каналу інтерфейсного зв'язку можливий вивід на ЕОМ усіх входів і параметрів налаштування регулятора, а також зміна завдання та інших параметрів по командах з ЕОМ.

Регулятори реалізують наступні функції: ПІД, ПІ, ПД, П і дво-позиційне регулювання з імпульсним чи аналоговим вихідним сигналом; можливість використання аналогового виходу у якості сигналу, що лінійно залежить від регульованого параметра; захист від обриву кола датчика; сигналізація верхнього і нижнього межових відхилень регульованого параметра від заданого значення; автоматизоване налаштування динамічних параметрів регулятора; цифровий інтерфейсний зв'язок з верхнім рівнем керування; цифрова індикація параме-

трів процесу і самого регулятора, або у відсотках, або безпосередньо у одиницях фізичних величин. До входу регулятора можливе підключення шести датчиків з вихідними сигналами постійного струму. Сигнали $0 \div 50\text{мВ}$ подаються на вхід регулятора безпосередньо, а сигнали $0 \div 10\text{В}$, $0 \div 5\text{мА}$, $0(4) \div 20\text{мА}$ – через додаткові пристрої відповідно ВП10М, ВП05М і ВП20М, що входять у комплект постачання. До того ж, замість датчиків з вихідними сигналами постійного струму на вхід може бути підключено до трьох реостатних (потенціометричних) датчиків з опірністю до $2,2\text{ кОм}$. Регулятор має тільки один вихід для імпульсного чи аналогового керування, і три дискретних виходи. Вихідним імпульсним сигналом можуть бути або “сухі” транзисторні ключі (45В ; $0,15\text{А}$), або сигнал (0 ; 24В) постійного струму. Аналоговий вихід у залежності від схеми підключення формується у вигляді сигналу постійного струму $0 \div 10\text{В}$; $0 \div 5\text{мА}$, $0(4) \div 20\text{мА}$. Для схем з імпульсним регулюванням аналоговий вихід застосовують для підключення зовнішнього вторинного приладу. Дискретні виходи призначені для сигналізації верхнього і нижнього межових відхилень регульованого параметра від завдання, а також для сигналізації відмови приладу. Вид і параметри дискретних вихідних сигналів такі самі, як у імпульсного вихідного сигналу.

Основна похибка вимірювання сигналів складає: $\pm 0,2\%$ – для сигналів $0 \div 50\text{мВ}$; $\pm 0,3\%$ – для сигналів $0 \div 5$, $0 \div 20$, $4 \div 20\text{мА}$, $0 \div 10\text{В}$ за умов відображення цих сигналів на дисплеї у натуральних фізичних одиницях. Похибка встановлення завдання на рівні $0,01\%$. Статична похибка регулювання не більше $\pm 0,3\%$. Регулятори призначені для експлуатації у закритих вибухо- і пожежнобезпечних приміщеннях за відсутності у навколишньому повітрі агресивних парів і газів. Температура навколишнього повітря у приміщеннях від 5 до 50°C при відносній вологості до 80% . Припустима вібрація до $0,1\text{ мм}$ і частоті не більше 25Гц .

Конструктивно регулятор вміщує шасі, яке встановлене у пластмасовий корпус. Шасі складається з двох електронних плат, що

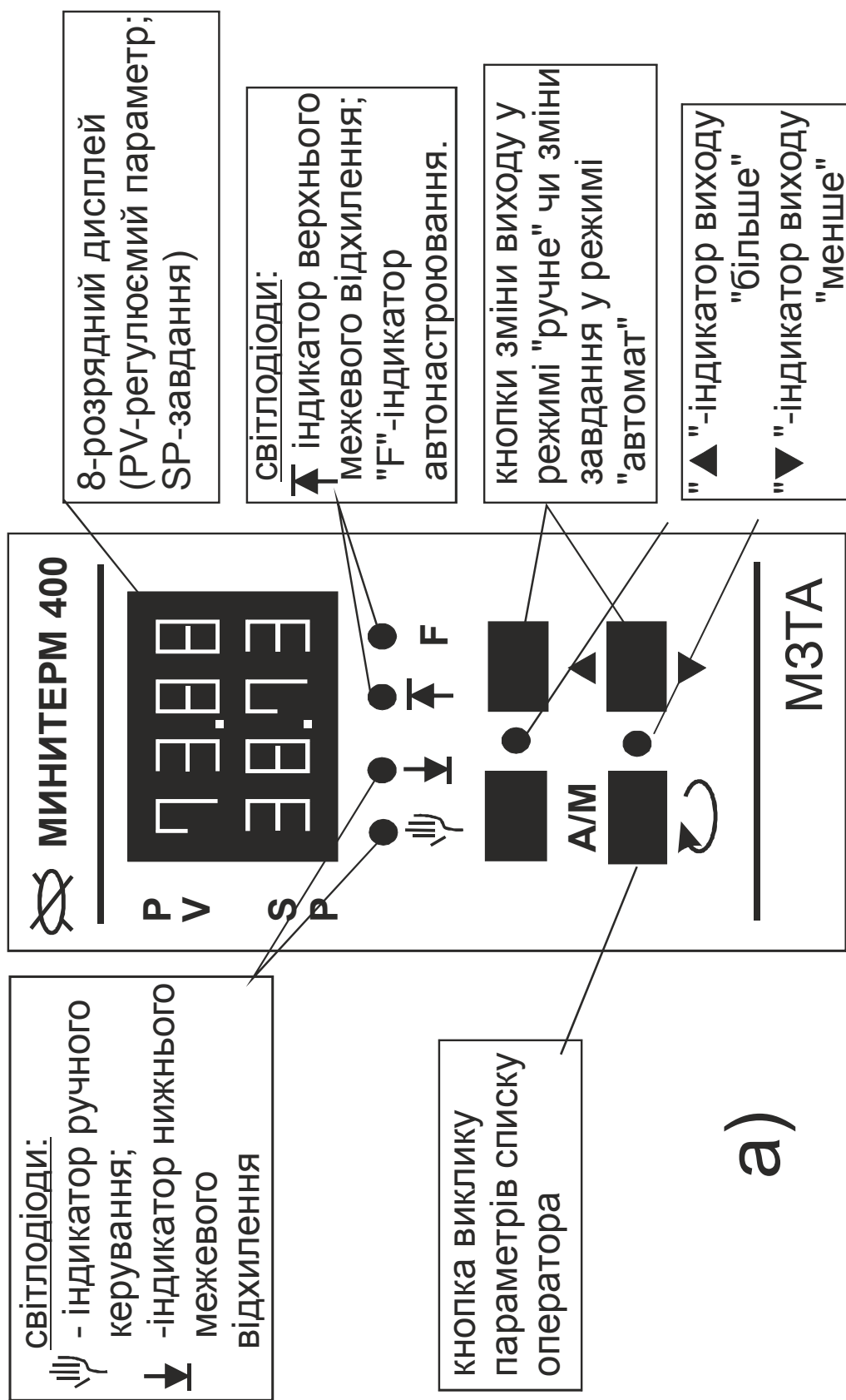
скріплені поміж собою стійками, лицьової панелі і штепсельного роз'єму (25 клем). Роз'єм (СНП-101-25В) розпаяний на одній з електронних плат і призначений для підключення зовнішніх пристроїв. На рис. 3.9. зображена лицьова панель регулятора, де наведено призначення індикаторів, дисплея і кнопок, а також вказані номери клем штепсельного роз'єму розташованого на задній стінці корпусу. Функціональна схема регулятора представлена на рис. 3.10. Склад і призначення основних пристроїв цієї схеми наступні.

Апаратний пристрій вводу інформації, де перетворюються аналогові сигнали ($X_A, X_b, X_e, X_F, X_G, X_h$) у цифрову форму за допомогою аналогово-цифрового перетворювача АЦП. Цифрові еквіваленти аналогових сигналів мають такі позначення: a,b,e,f,g,h. Цей пристрій містить також три джерела струму для живлення реостатних (потенціометричних) датчиків. Вхід X_a сприймає сигнал датчика, що вимірює регульований параметр. На входи X_b, X_e, X_f, X_g можуть бути подані корегуючі сигнали. До входу X_h може надсилатися сигнал від датчика положення виконавчого механізму.

Апаратний пристрій виводу інформації містить: п'ять “сухих” транзисторних ключів, що керуються імпульсним виходом ($Z1, Z2$) і дискретними виходами ($Z3, Z4, Z0$); цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП); перетворювач аналогово сигналу напруги ($Y1$) у струмовий сигнал ($Y2$); засоби вводу і виводу інформації за цифровим інтерфейсним каналом (прийом-передача).

Джерело живлення формує напругу постійного струму для живлення усіх вузлів регулятора.

Цифровий обчислювальний пристрій містить однокристальну мікро-ЕОМ, оперативний і постійний запам'ятовуючі пристрої, елементи для передачі і обробки інформації. Ці апаратні засоби реалізують шляхом програмування функціональні блоки, що вказані на рис. 3.10.



а)

Рис.3.9. Загальний вигляд лицьової панелі регулятора МИНИТЕРМ 400 (а) і задньої стінки корпусу мікропроцесорного (б).

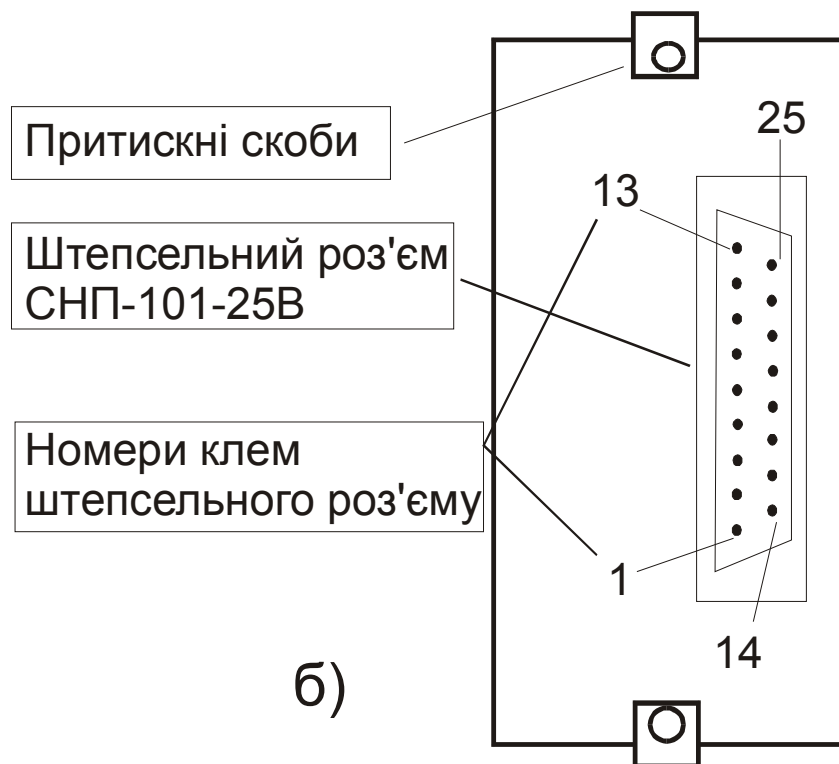


Рис.3.9. Закінчення.

Перетворювач вхідних сигналів (П) перетворює сигнал X_A для індикації регульованого параметра (а) на дисплеї у відсотках або у одиницях фізичної величини (Ф.В.). До того ж, блок П обчислює загальне завдання P (% , Ф. В.) і розузгодження E , яке фільтрується у фільтрі (Ф) з постійною демпфірування $FLtg$. Вхідний сигнал h приводиться на будь-якій ділянці від h_- до h_+ у діапазон 0-100% і виводиться на дисплей у вигляді змінної .

Задавач призначений для формування сигналу завдання P .

Блок формування закону регулювання (ПДД') реалізує ПД-закон спільно з виконавчим механізмом (при використанні імпульсного виходу) чи спільно з інтегратором I (при використанні аналогового виходу).

Блок автонастроювання дозволяє перевести замкнену систему регулювання у режимі автоколиваний з обмеженою амплітудою, виконує на підставі аналізу сталих автоколиваний розрахунок оптимальних значень параметрів настроювання регулятора $c.pid$, $t.int$ (коефіцієнт підсилення і постійна інтегрування)

Широтно-імпульсний модулятор (ШИМ) перетворює вихідний сигнал блоку ПДД¹ в імпульс, що керує ключами імпульсного виходу Z1, Z2. Аналогові вихідні сигнали У1(У2) для регулятора з імпульсним виходом можуть використовуватись для виводу на самописець інформації про величину регульованого параметра.

Компаратори програмні порівнюють величину відхилення E з уставками верхнього (E^+) і нижнього (E_-) граничних відхилень, впливають на ключі дискретних виходів відповідно Z3 і Z4. Ключ Z3 замкнений, якщо $E > E^+$, а ключ Z4 замкнений, коли $E < E_-$.

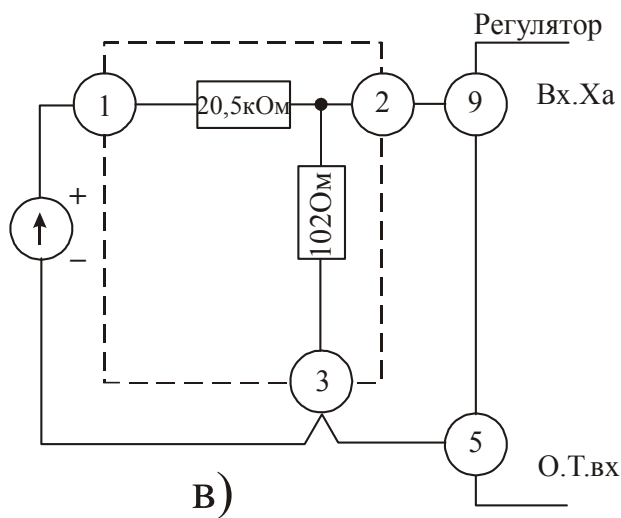
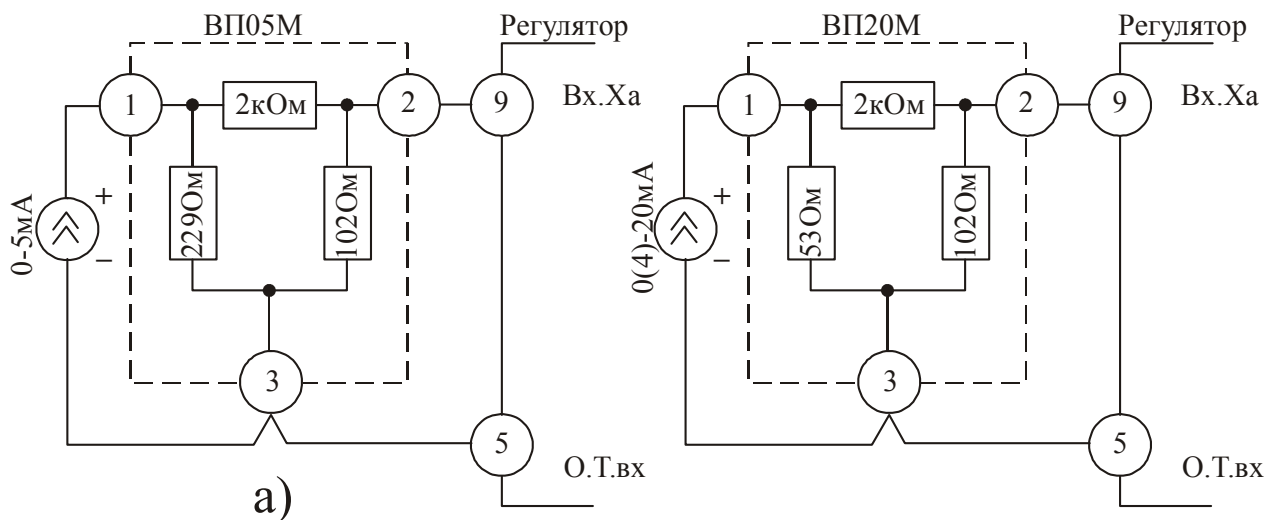
Блок діагностики відмов аналізує несправності регулятора і за їх наявності розмикає ключ дискретного виходу Z0, забороняє функціонування виходів Z1, Z2, “заморожує” для аналогового регулятора вихід У1 (У2) та періодично висвітлює на дисплеї код виду несправності.

Вказані на рис. 3.10. параметри настроювання усіх програмних блоків вводяться налагодчиком за відповідними списками, які наводяться в інструкції по експлуатації приладу.

Загальна схема підключення зовнішніх пристроїв до регулятора наведена на рис. 3.10. Усі з'єднання виконуються мідним проводом з перерізом не менше 0,35 мм². На рис. 3.11-3.14 наведені основні схеми підключення зовнішніх пристроїв.

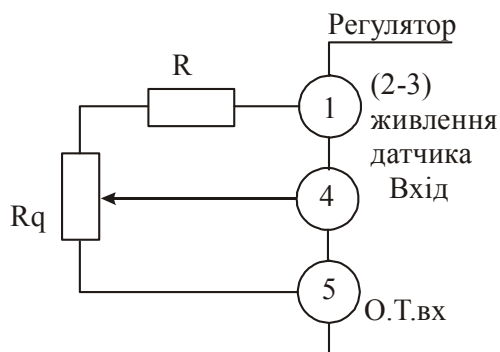
Підключення датчиків потенціометричних і постійного струму (див. рис. 3.11) проводяться за допомогою окремих жгутів. При цьому довжина ліній, що з'єднує узгоджуючі пристрої ВП05М, ВП20М і ВП10М з регулятором, не повинна перевищувати 1-2 м. Вивід “-“ датчиків необхідно з'єднувати безпосередньо до клеми 3 пристроїв ВП. Підключення датчиків до входів X b, Xc, XG, Xh аналогічне, але клема 9 змінюється на клему згідно таблиці на рис. 3.11 (б). Клеми входів, що не використовуються необхідно з'єднувати перемичкою з клемою 5.

Підключення кола інтерфейсного зв'язку проводиться за схемою, що представлена на рис.3.12.



Вхід	Номер клеми
Xb	8
XE	7
XF	17
XG	6
Xh	4

б)



$R_q, \text{кОм}$	$R, \text{кОм}$	живлення датчика
$\leq 0,1$	0	Від клеми 1(2)
$> 0,1$	$200R_q - 20$	
$\leq 0,05$	0	Від клеми 3
$> 0,05$	$200R_q - 10$	

г)

Рис.3.11. Схеми підключення датчиків потенціометричних (г) і постійного струму (а-в).

Усі з'єднання виконуються витими проводами, довжина лінії поміж сусідніми приладами не більше 15м, а при використанні перетворювача И300 – до 500м. На рис.3.13 наведена схема підключення кіл інтерфейсного зв'язку до послідовного порту EOM.

Підключення кіл живлення і виходів наведено на рис.3.12.

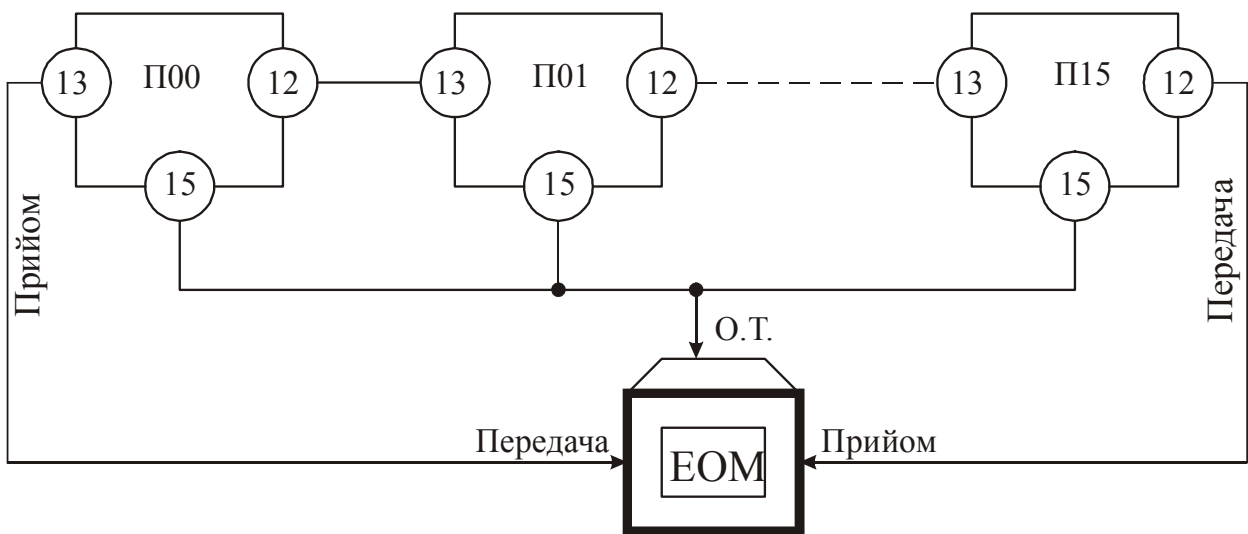


Рис.3.12. Схема підключення кола інтерфейсного зв'язку: П00-П15 відповідний номер регулятора МИНИ ТЕРМ 400.00 в інтерфейсному каналі (список StAt).

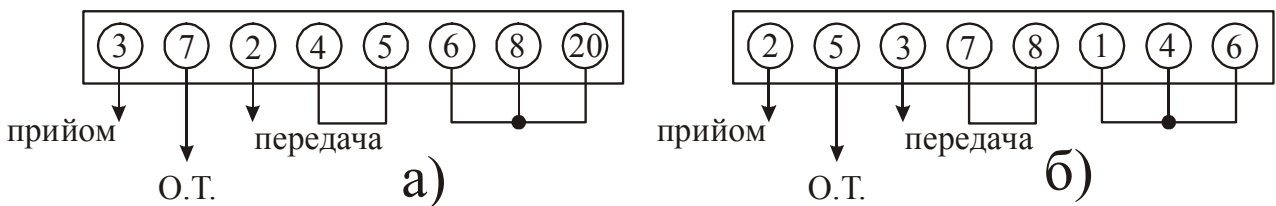


Рис.3.13. Схема підключення кола інтерфейсного зв'язку до послідовного порту EOM: а) 25 клемний роз'єм; б) 9 клемний роз'єм.

На рис.3.14 а показано підключення до виходу Z1. Підключення навантаження до виходів Z2, Z3, Z4 і Z0 здійснюється аналогічно. При цьому замість клеми 21 використовується клемма згідно таблиці представленої на рис 3.14 а. Вихід у регуляторі захищений від перенапруги при роботі на індуктивне навантаження. Підсумковий опір навантаження не менше 160 Ом.

Для аналогових виходів припустимо як одночасне підключення навантаження до виходів Y1 і Y2 так і однаково з виходів по вибору.

Приклади схем підключення регулятора з різними зовнішніми пристроями наведено на рис.3.15 - 3.19. Вибір перерізу проводів кола навантаження підсилювачів визначається максимально припусти-

ним струмом не більше 6 А/мм^2 . Кола навантажень повинні бути захищені автоматом живлення або швидкодіючим запобіжником.

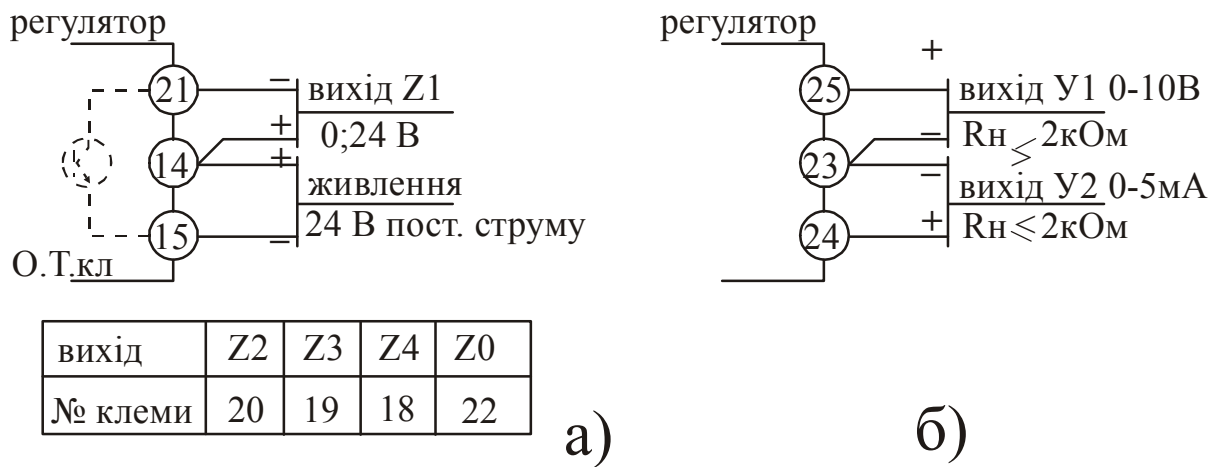


Рис.3.14. Схема підключення кіл живлення, дискретних виходів (а) і аналогових виходів (б).

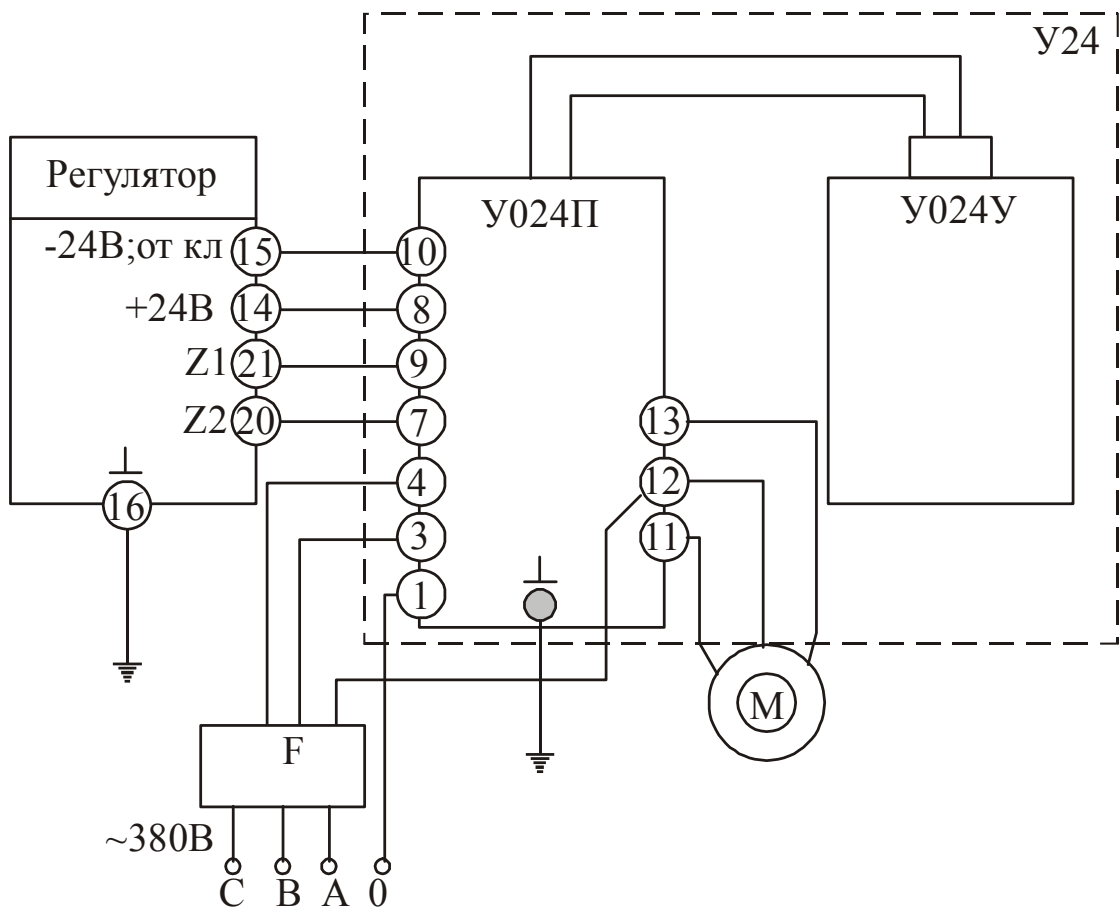


Рис.3.15. Схема підключення регулятора з підсилювачем U24: F – автомат захисту типу АП50-3МТ; М – трифазний синхронний електродвигун.

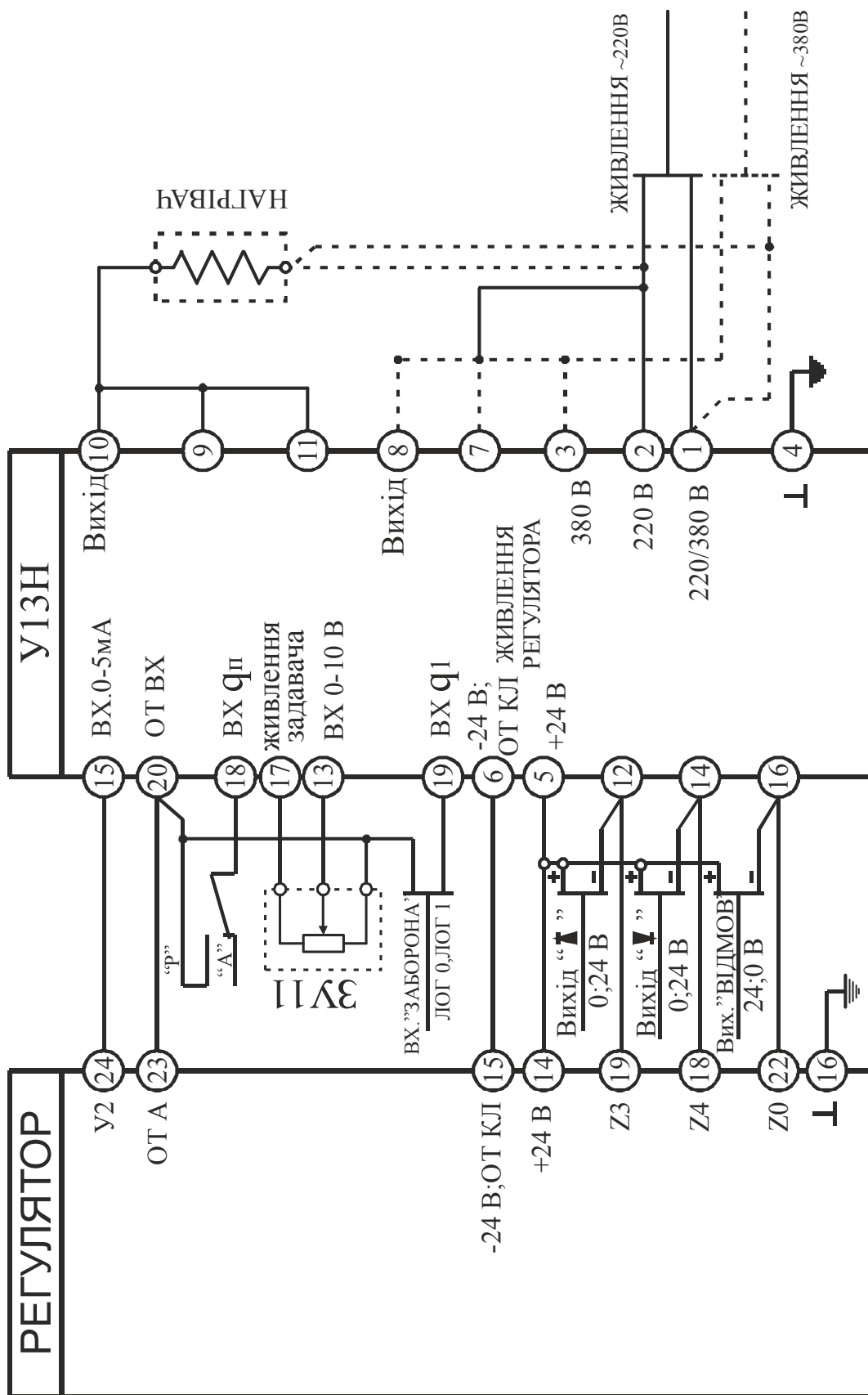


Рис.3.17. Схема підключення регулятора з підсилювачем У13Н.

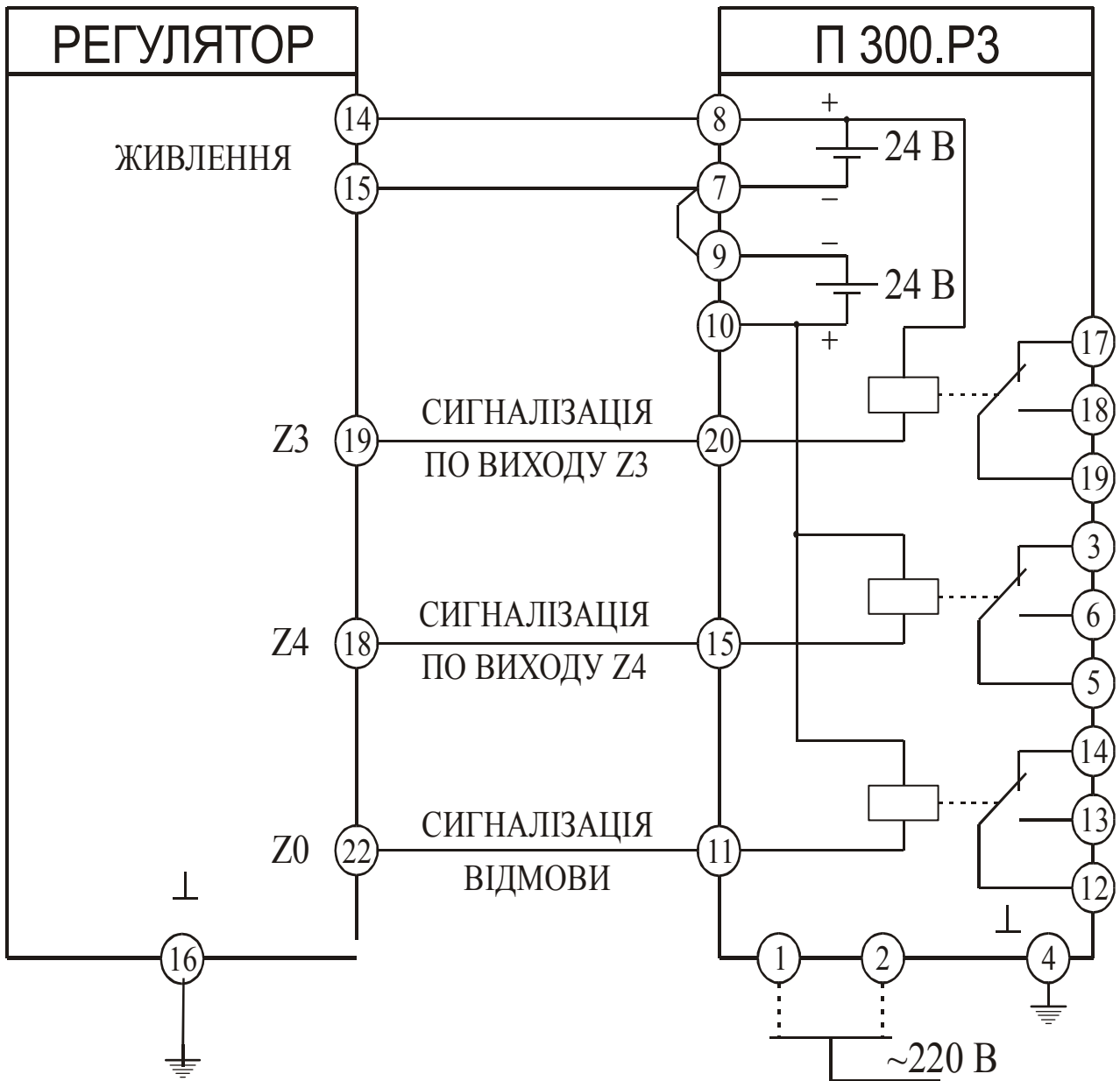


Рис.3.19. Схема підключення регулятора з груповим джерелом П300.РЗ.

Згідно рис.3.16. підключення проводу “а” здійснюється у залежності від струму виконавчого механізму (ИМ). Якщо струм ИМ більше 0,1А, то підключення проводять до загальної точки обмоток ИМ, а якщо струм ИМ менше 0,1А – до клеми 14 підсилювача У300. Клеми 21 і 20 регулятора з’єднуються з клеммами 9 і 7 відповідно підсилювача У300 за умов не використання зовнішнього ручного керування.

Клеми У300: 15, 17, 20, 13 і 10 – є вільними і використовуються як проміжні для підключення зовнішніх пристроїв. Максимальне сумарне навантаження на виходи “ $\overline{\blacktriangle}$ ”, “ \blacktriangledown ” і “відмова” не менше 800 Ом

При підключенні за схемою, наведеній на рис.3.17, здійснена можливість організації ручного дистанційного керування підсилувачем У13Н незалежно від регулятора. Якщо такої необхідності немає, то клеми 13, 17 і 18 підсилувача У13Н залишаються вільними. Також у цьому підсилувачі вільними є клеми 12, 14 і 16, що можуть бути використані для підключення зовнішніх пристроїв.

При застосуванні у схемах керування пневматичних виконавчих пристроїв підключення регулятора здійснюють за схемою, що приведена на рис.3.18, з використанням групового джерела живлення П300.4. Схема підключення з джерелом П300.2 аналогічна, але останній має тільки два виходи (вихід 1 і вихід 2) для живлення регулятора. При цьому номери клем зберігаються.

Підключення регулятора з джерелом живлення П300.Р3 наведено на рис.3.19. Пристрій П300.Р3 має вмонтовані реле РП21-003, які мають наступну комутаційну спроможність: 1,2А змінного струму для 220В і 2,4А постійного струму для 24В. Підключення інших кіл регулятора здійснюється у відповідності зі схемою представленою на рис.3.10.

Споживча потужність приладу не перевищує 3,6 Вт. У регуляторі передбачено резервне живлення від сухого елемента СR-2032(3,2 В) з метою збереження інформації, що закладена налагодником, при зривах живлення у мережі. Маса приладу до 0,6 кг. Габаритні розміри: 48x96x161 мм.

Комплекс приладів МИНИТЕРМ 450 утворюють регулятори, основні модифікації яких у залежності від характеристик входів-виходів наведені у табл. 3.2.

Регулятори містять два цифро-символьних дисплея та програмний задавач (до 24-х дільниць) і дозволяють здійснювати дистанцій-

не керування програмним задавачем та основними виходами. Можуть безпосередньо керувати однофазними електричними виконавчими механізмами, а також електронагрівачами через зовнішній оптосимістор. Мають шість входів для дискретних сигналів. Основна похибка вимірювання аналогових вхідних сигналів регуляторів складає (не більше): для сигналів 0-50 мВ постійного струму – 0,25%; для термометрів опору – 0,4%; для термопар з НСХ ХА(К), ХК(L), ПП(S) і ВР(А)-1 – відповідно 0,3%, 0,5% і 1%.

Вимірювальні кола підключаються за допомогою штепсельного 25-ти клемного роз'єму, а силові кола з'єднуються затискачами “під гвинт” (чотирнадцять клем). Живлення регулятора та умови застосування ідентичні приладам МИНИТЕРМ 400. Споживча потужність не перевищує 4,5 ВА. Маса приладу до 0,6 кг, габаритні розміри – 96×48×160мм.

3.3 Комплекс мікропроцесорних регуляторів серії РТЭ

Регулятори серії РТЭ застосовуються у автоматизованих системах керування в енергетичній, металургійній, хімічній, харчовій та інших галузях промисловості. Основне призначення цих приладів – це регулювання температури у електротермічному обладнанні (електропечі опору, плавильні, контактного нагріву), а також для керування нагрівом газових печей. Основні моделі цих регуляторів, їх загальні характеристики та функціональні можливості наведені у табл.3.3.

Живлення приладів здійснюється напругою змінного струму 220 В частотою 50 Гц, а споживча потужність складає 5 ВА. За виходом регулятори виготовляються у трьох виконаннях (остання цифра у позначенні): 0 – імпульсний сигнал постійного струму до 0,5 А і напругою до 30 В для керування тиристорами по трьом фазам з включенням у нулі по кожній фазі;

Таблиця 3.2. Модифікації регуляторів МИНИТЕРМ 450

Модифікація регулятора	Аналогові вхідні сигнали	Основні вихідні сигнали
МИНИТЕРМ 450.00.0	Шість входів для датчиків постійного струму 0-5, 0(4)-20мА, 0-50 мВ, 0-10В.	Один імпульсний вихід (два “сухих” ключа на 380В, 1А змінного струму. Один аналоговий вихід 0-5, 0(4)-20мА)
МИНИТЕРМ 450.00.1		Один імпульсний вихід (два “сухих” ключа на 380В, 1А змінного струму)
МИНИТЕРМ 450.22.0	По вибору: три, два або один вхід для термометр-рів опору з НСХ 50П, 50М, 100П, 100М.	Один імпульсний вихід (два “сухих” ключа на 380В, 1А змінного струму. Один аналоговий вихід 0-5, 0(4)-20мА)
МИНИТЕРМ 450.21.1	Можливо підключення датчиків постійного струму: два входи – замість другого і третього термоопору.	Один імпульсний вихід (два “сухих” ключа на 380В, 1А змінного струму.
МИНИТЕРМ 450.22.1		
МИНИТЕРМ 450.21.2		Один вихід ШИМ (“сухий” ключ на 48В, 0,15А постійного струму). Один аналоговий вихід 0-5, 0(4)-20мА)
МИНИТЕРМ 450.31.2	Один вхід для термопари по вибору: ХА(К), ХК(L), ПП(S), ВР(A)-1.	Один імпульсний вихід (два “сухих” ключа на 380В, 1А змінного струму.
МИНИТЕРМ 450.31.2	Два входи для датчиків постійного струму.	Один вихід ШИМ (“сухий” ключ на 48В, 0,15А постійного струму). Один аналоговий вихід 0-5,0(4)-20мА)
Примітка: 1. Додатково регулятори всіх модифікацій мають три дискретних виходи (“сухі” ключі на 48В, 0,15А постійного струму) і вмонтоване джерело 24В постійного струму для живлення навантаження основних і додаткових виходів. 2. Модифікації МИНИТЕРМ 450.22.0 і 450.22.1 мають умонтований енергозберігаючий таймер-календар, а програмований задавач відсутній.		

Таблиця 3.3 Технічні характеристики мікропроцесорних регуляторів РТЭ.

Позначення регулятора	Вид вихідного сигналу	Діапазон вимірювання вантажів і регулювання	Функціональні можливості		Кількість				Тривалість по кожному кроку, хвилин	Маса не більше, кг	Габаритні розміри, мм
			Загальні	Додаткові	Канали регулювання	Розрядів АЦП/ЦАП	Температурно-часових кроків програми				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
РТЭ-4.1-10				Додаткові							
РТЭ-4.1-11	ТХА(К)	0÷1200 ⁰ С									
РТЭ-4.1-12											
РТЭ-4.1-20											
РТЭ-4.1-21	ТХК(Л)	0÷600 ⁰ С		Позичийний алгоритм регулювання	1	8/0	12	0÷250	1	40×96×150	
РТЭ-4.1-22											
РТЭ-4.1-30											
РТЭ-4.1-31	ТСМ	0÷200 ⁰ С									
РТЭ-4.1-32											
РТЭ-4.1М-10	ТХА(К)	0÷1200 ⁰ С									
РТЭ-4.1М-11	ТХК(Л)	0÷600 ⁰ С									
РТЭ-4.1М-11	Постійний струм	4÷20, 0÷5мА									
РТЭ-4.1М-12											
РТЭ-4.1М-20	ТШ10	0÷1600 ⁰ С			1	16/10	24	0÷5999	1.2	43×96×150	
РТЭ-4.1М-21	Постійний струм	4÷20, 0÷5мА									
РТЭ-4.1М-22											

Закінчення табл. 3.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
РТЭ-4.1М-30 РТЭ-4.1М-31 РТЭ-4.1М-32	ТСМ ТСП Постійний струм	0÷200 ⁰ С 4÷20, 0÷5мА	індикацію поточного параметра, параметрів завдання (за викликом) і уставок (значень кроків програми); світлодіодну індикацію режиму роботи, видачу сигналу на виконавчий пристрій, аварійного відключення; керування тиристорами імпульсними сигналами постійного струму, магнітними пускачами, електричними виконавчими пристроями постійної швидкості.	-/-	1	16/10	24	0÷5999	1.2	43×96×150
РТЭ-4.4-10 РТЭ-4.4-12	ТХА(К) ТХК(Л)	0÷1200 ⁰ С 0÷600 ⁰ С		Позиційний алгоритм регулювання	4	8/0	-	-	2	80×140×160
РТЭ-4.4-20 РТЭ-4.4-22	ТСМ ТСП	0÷200 ⁰ С		Позиційний алгоритм регулювання; можливість підключення спеціального табло для індикації значень параметрів регулювання						
РТЭ-4.4М-10 РТЭ-4.4М-12	ТХА(К) ТХК(Л)	0÷1200 ⁰ С 0÷600 ⁰ С			8	10/0	-	-	2	80×140×160
РТЭ-4.4М-20 РТЭ-4.4М-22	ТСМ ТСП	0÷200 ⁰ С		Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціального табло для індикації значень параметрів регулювання.						
РТЭ-5.4-10 РТЭ-5.4-11 РТЭ-5.4-12	ТШ10 ТХА(К) ТХК(Л) Постійний струм	0÷1600 ⁰ С 0÷1200 ⁰ С 0÷600 ⁰ С 4÷20, 0÷5мА			4	16/10	24	0÷5999	1,5	170×85×200

Примітка: точність індикації, часу - (\pm) 1хвил; точність індикації температури для приладів РТЭ-4.1, РТЭ-4.1М, РТЭ-4.4 і РТЭ-5.4 відносно складає - 0,5%, 0,2%, 0,5% і 0,15% від діапазону виміру; параметри конфігурування - сигнали, що надходять на входи, метод керування зовнішніми пристроями (ШИМ, ЧИМ, 4-20, 0-5 мА), закон регулювання (ПІД, адаптивний з елементами FUDZZY-logic).

2 – дискретний сигнал змінного струму до 2 А напругою до 220 В для керування електрорушійними виконавчими механізмами постійної швидкості. Діапазони зміни динамічних коефіцієнтів пропорційні КП, постійних часу інтегрування ТИ(с) і диференціювання ТД(с) складають від 0 до 2000. Межа припустимої додаткової похибки, що виникає із зміною температури навколишнього повітря від температури 20°C до будь-якої температури у межах від 5 до 50°C при зміні температури на кожні 10°C, дорівнює $\pm 0,1\%$ від діапазону для РТЭ-5.4 і $\pm 0,25\%$ - для усіх інших моделей.

Регулятори розраховані для зануреного монтажу на вертикальних щитах і панелях. Кріплення до щита здійснюється за допомогою кронштейнів.

Регулятори призначені для експлуатації у приміщеннях з температурою навколишнього повітря від 5 до 50°C при відносній вологості до 80%. Умови впливу вібрації не повинні перевищувати частоти 35Гц і амплітуди 0,35 мм. Не дозволяється застосовувати у приміщеннях з підвищеним впливом концентрації пилу, бризок і води.

Регулятор РТЭ-4.1 – призначений для виробки регулюючого впливу за ПІД – алгоритмом керування. Метод керування – число-імпульсний з включенням у нулі по кожній фазі силових тиристорних елементів .

Регулятор забезпечує: регулювання температури за заданою програмою; цифрову індикацію поточної температури; значення уставок температури (за викликом); світлодіодну індикацію режиму роботи; номер поточного кроку програми; аварійного відключення; вихід на зовнішні пристрої для керування силовими тиристорами по трьом фазам з включенням у нулі по кожній фазі; закінчення роботи і аварійного відключення (перехід у режим “стоп”) у разі обриву термометрорівняча чи виході параметра за встановлені межі.

Загальний вигляд регулятора та його габаритно-установочні розміри наведені на рис.3.20.

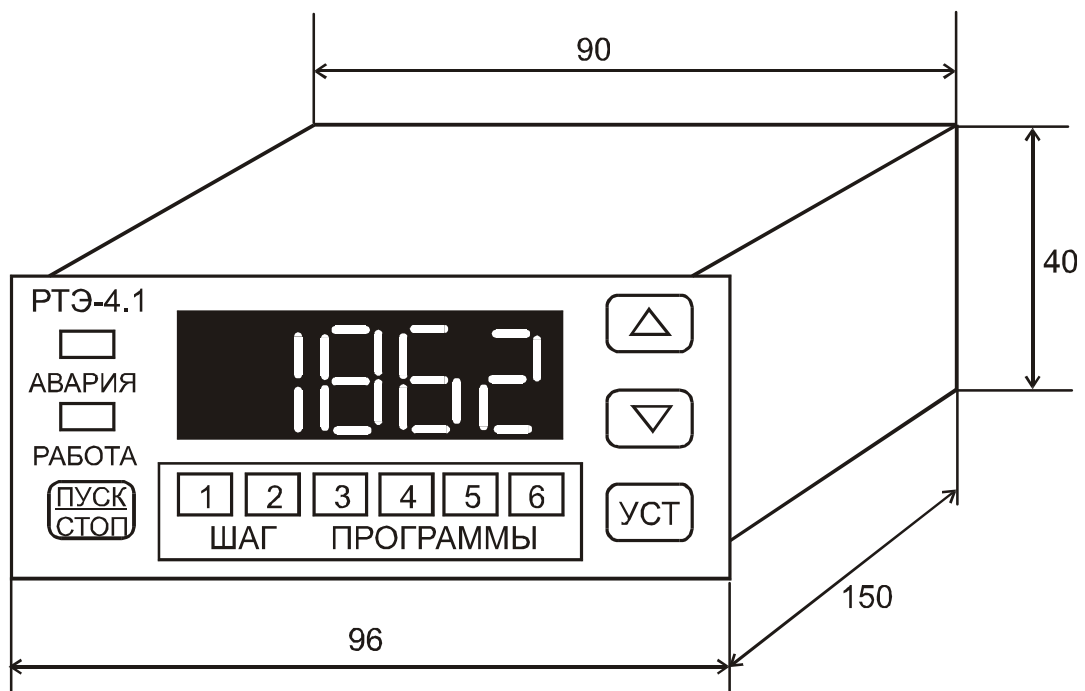


Рис.3.20. Загальний вигляд регулятора РТЭ-4.1.

Згідно з рис.3.20 на лицьовій панелі розташовані: чотирьохзначне інформаційне табло; світлодіодні індикатори стану процесу регулювання (крок програми); світлодіодні індикатори стану “робота” і порушення температурного режиму “Аварія”; кнопки уводу уставок (“більше “>”, менше “<”) і керування регулятором “ПУСК/СТОП”.

На задній панелі (див. рис. 3.21) розташовані колодки для підключення регулятора до зовнішніх пристроїв і гвинт заземлення.

Регулятор складається з вхідного пристрою, центрального процесора, індикатора і вихідного пристрою. Вхідний пристрій містить: підсилювач сигналу термоперетворювача (ТП), схему компенсації температури холодного спаю або генератора струму живлення ТП опору.

Вхідні сигнали від термоперетворювачів, що надходять на вхід регулятора, підсилюються підсилювачами. Далі цей сигнал перетворюється у низькочастотний і через схему гальванічного розв’язування прямує на вхід мікроконтролера. Мікроконтролер вимірює вхідну частоту і обчислює температуру термоперетворювачів

з урахуванням температури холодного спаю (для термоелектричних перетворювачів) та виводить сигнали керування на зовнішній пристрій (симістор), що синхронізовані по фазі з частотою мережі живлення. Вихідні пристрої по сигналах “ПУСК/СТОП” і “Кінець роботи” містять у якості ключових елементів симістори типу ТС-106 – для керування зовнішніми пристроями, підключених до клем 4, 5 лодки ХТ2 (рис.3.21).

Джерело живлення регулятора має стабілізовані гальванічно розв’язані напруги величиною 5 В і ± 15 В для живлення схеми керування та 9 В – для живлення вихідних симісторів.

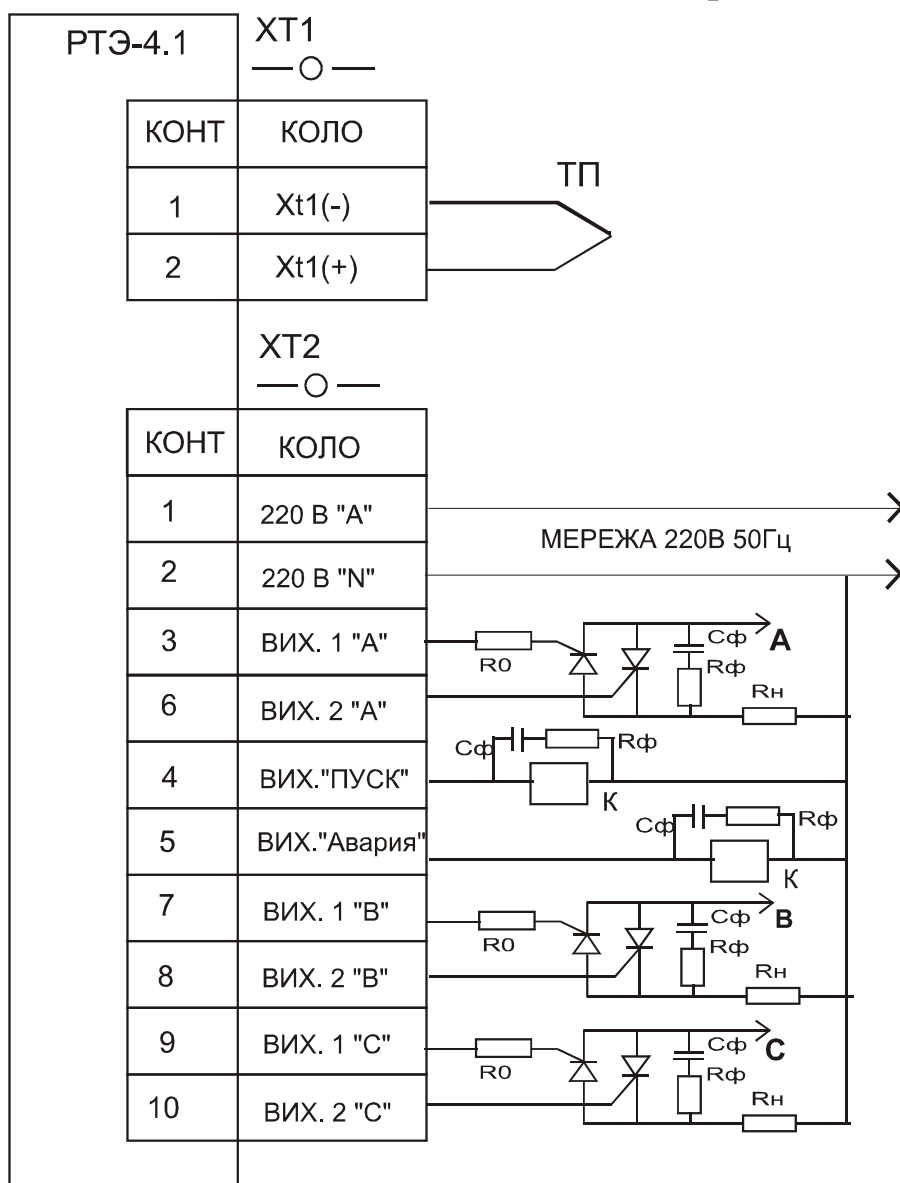


Рис.3.21. Схема підключення зовнішніх пристроїв до регулятора РТЭ-4.1: $C_{\phi} = 0,47\mu\text{F}$, 630В; $R_{\phi}(C2 - 33 - 2) = R_0 = 100 \text{ Ом}$.

Регулятор РТЭ-4.1М також призначений для виробки регулюючого впливу за ПД – алгоритмом керування. Габаритно-установчі розміри регулятора ідентичні наведеним на рис.3.20. Регулятор забезпечує: виробку імпульсних сигналів за ПД алгоритмом керування у відповідності із заданою програмою; цифрову індикацію поточного значення температури, значення уставки (за викликом); поточного кроку програми; значення параметрів регулювання (за викликом); світлодіодну індикацію режиму роботи, видачі сигналу на виконавчі пристрої, аварійного відключення; вихід на зовнішні пристрої сигналу постійного струму $0\div 5$ мА по каналу регулювання; керування тиристорними вихідними елементами, колами аварійної сигналізації, стану регулятора (ПУСК/СТОП), керування виконавчими механізмами (у відповідності з виконанням $0\div 2$); зв'язок з ПЕОМ за інтерфейсом RS485.

Розташування і призначення індикаторів та кнопок керування на лицьовій панелі ідентично попередньому регулятору. На задній панелі регулятора розташовані колодки ХТ1 і роз'єм ХS1 для підключення регулятора до зовнішніх пристроїв (див.рис.3.22).

Загальний устрій регулятора майже не відрізняється від РТЭ4.1. Але на відміну від нього вхідні сигнали від термоперетворювачів подаються на 16-ти розрядний багатоканальний АЦП, виконаний на базі мікросхеми AD7706. До того ж джерело живлення видає стабілізовані гальванічно розв'язані напруги величиною 5В – для живлення схеми керування і лінії зв'язку RS485, 15В – для живлення вхідного пристрою.

Регулятор температури РТЭ-5.4 призначений для керування виконавчими електрорушійними механізмами типу МЕО шляхом виробки регульовального впливу за ПД-алгоритмом. Регулятор забезпечує: виробку керуючого впливу, на три виконавчі механізми за ПД-алгоритмом; цифрову індикацію поточної температури, поточного номера кроку програми, типу аварії, значень настроювальних коефіцієнтів (за викликом); світлодіодну індикацію режиму роботи, аварійної ситуації, стану виконавчих механізмів, сигналів керування

виконавчими механізмами, аварійного відключення; зв'язок із зовнішніми пристроями по вхідних сигналах (термоперетворювачі, струмові входи по витратам, контактні входи стану МЕО і готовності) і вихідних сигналах (керування трьома виконавчими механізмами МЕО, постійного струму $0\div 5$ мА для реєстрації поточної температури, контактні виходи “Аварія” і “Робота”, інтерфейсний – RS485).

На лицьовій панелі розташовані: шестизначне інформаційне табло; світлодіодна індикація стану виконавчих механізмів; світлодіодний індикатор стану “Робота” і порушення режиму регулювання “Аварія”; кнопки уводу уставок і керування регулятором “ПУСК/СТОП”, більше “>” та менше “<”.

На задній панелі регулятора розташовані запобіжник FU1 на 5А, колодки для підключення регулятора до зовнішніх пристроїв ХТ1 і ХТ2.

Згідно схеми підключень (див.рис.3.23) регулятор здійснює регулювання температури у печі шляхом керування заслінкою подачі природного газу. При цьому подача повітря ведеться за рахунок умовного пропорціоналізатора з можливістю зміни пропорції по кожному кроку програм. У випадку перевищення температури відносно завдання регулювання може проводитись шиббером (подача повітря) при закритих повітряних і газових заслінках. Закінчення роботи регулятора (команда “СТОП”) передбачає перехід заслінок в початковий стан: МЕО подачі газу – закривається, а МЕО подачі повітря крізь заслінку і шиббер – відкриваються.

По каналу RS485 з ПЕОМ у регуляторі можна у разі необхідності змінювати конфігурування.

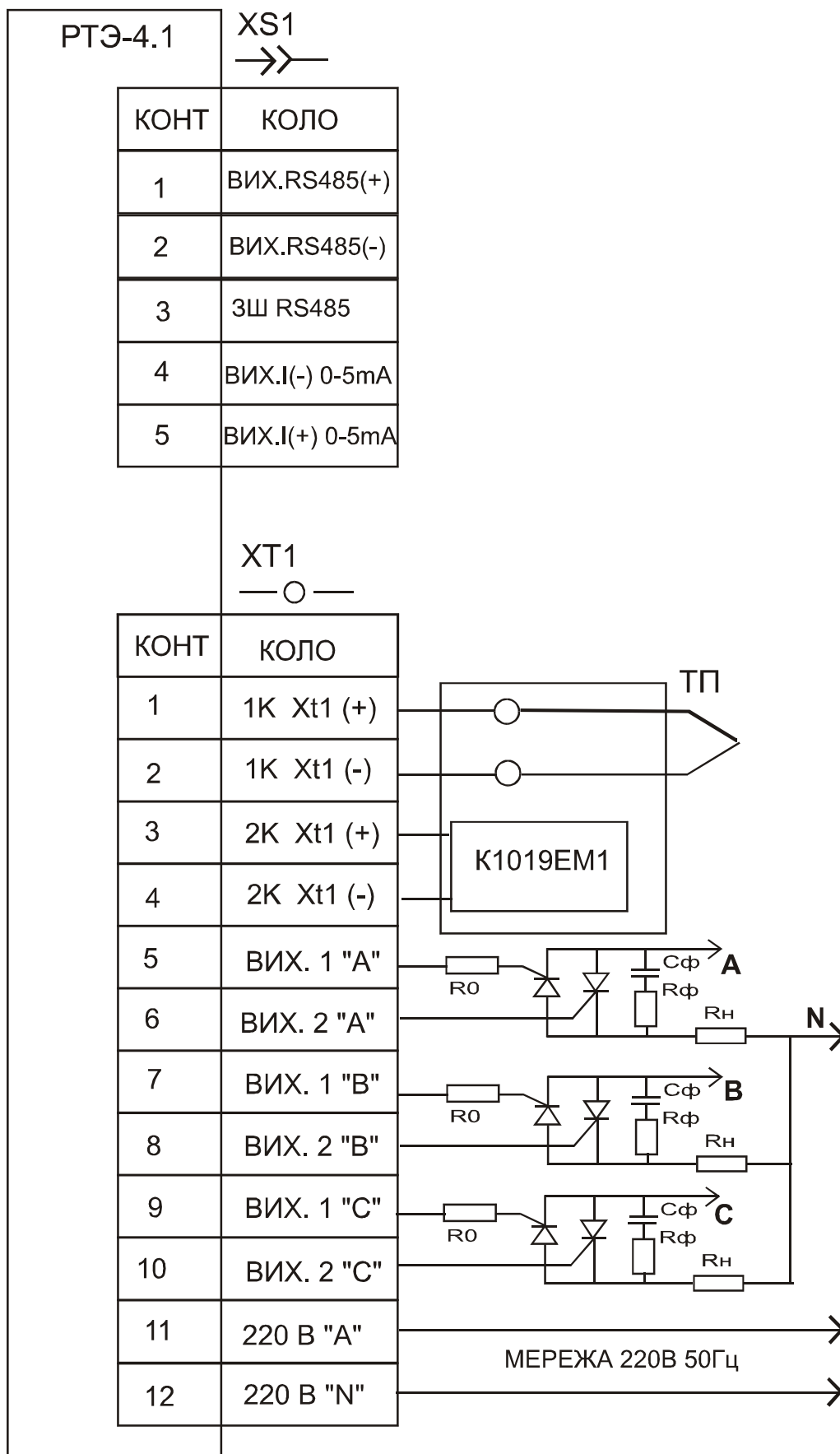


Рис.3.22. Схема підключення зовнішніх пристроїв до регулятора РТЭ-4.1М.

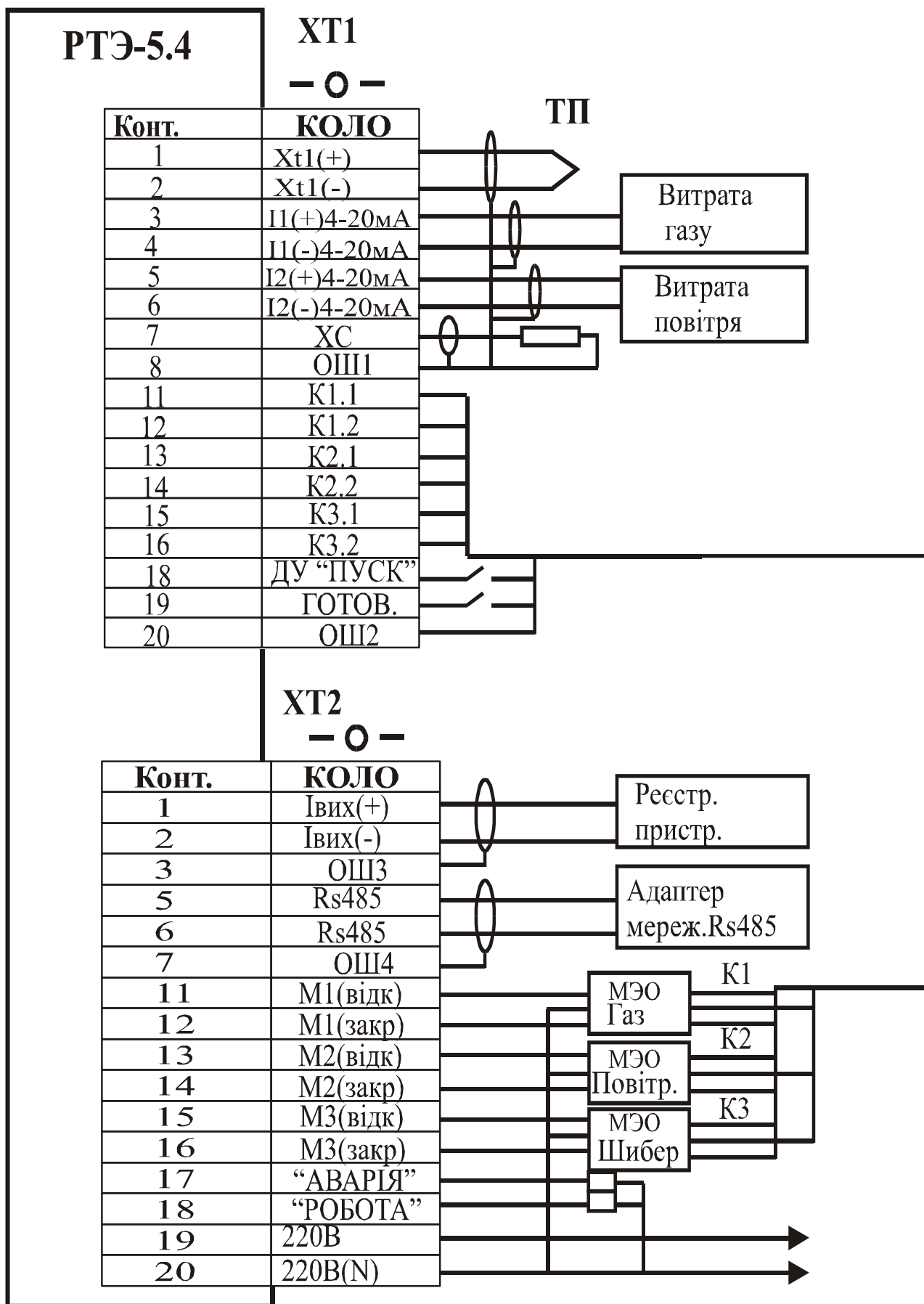


Рис.3.23. Схема підключення зовнішніх пристроїв до регулятора РТЭ-5.4.

3.4. Комплекс мікропроцесорних вимірювачів-регуляторів серії МІК та МТР

Мікропроцесорні регулятори серії МІК та МТР являють собою сучасні компактні малоканальні, універсальні у використанні прилади та одночасно прості з погляду програмування (конфігурування), обслуговування й експлуатації. Призначені для виміру й контролю вхідних параметрів, а також керування виконавчими механізмами різних типів відповідно до заданої логіки та роботи по відповідним законам регулювання, що визначається модифікацією приладу: 2-х, 3-х позиційний, П, ПІ, ПД, ПІД та ПІД-ШИМ. Кожен вхід гальванічно розв'язаний від інших входів та інших кіл. Живлення здійснюється напругою змінного струму 182÷242 В частотою 50 Гц. Прилади мають виконання для щитового монтажу з габаритними розмірами 96×96×189 мм.

Регулятори оснащені гальванічно розділеним інтерфейсом RS-485 з протоколом зв'язку ModBus RTU, що дозволяє використовувати їх у якості віддаленого приладу при роботі у складі сучасних мереж АСКТП. За цим інтерфейсом забезпечується конфігурування приладу, зміна параметрів настроювання з використанням програмного пакета «МІК-Конфігуратор». Такі операції можуть бути виконані також за допомогою клавіш на передній панелі приладу. Завдяки енергонезалежній пам'яті здійснюється зберігання параметрів у разі відключення напруги живлення. Використання програмного пакету «МІК-Реєстратор» надає можливість побудови системи збору й архівації інформації на РС. Для автоматизації обміну інформацією між приладами МІК (МТР) та додатками-клієнтами на РС застосовується програмний пакет ModBus OPC Server. У разі додатка-клієнта може бути використана SCADA-система, що підтримує стандартний інтерфейс доступу до середовища передачі даних OPC Data Access 2.0 цього пакету. Для організації послідовного зв'язку між РС та приладами має бути застосований адаптер БПІ-485 для перетворення RS-232 в RS-485, або БПІ-52 (USB 2.0 в RS-485). Виходячи з топології мережі (багато точкова) RS-485 кількість під-

ключених до мережі приладів не повинна перевищувати 32 на одному сегменті.

Дискретні входи приладів найчастіше використовуються для перемикання режимів керування (РУЧ/АВТ), вибору завдання (внутрішнє/зовнішнє) та керування виходами регулятора у ручному режимі.

Вимірювачі-регулятори типу МІК та МТР, основні технічні характеристики яких зведені до таблиць 3.4. і 3.5 призначені як для автономного, так і для комплексного використання в АСКТП у різних галузях промисловості. Нижче розглянуті більш детально окремі моделі цих приладів.

Вимірювач-регулятор МІК-21, структурна схема якого наведена на рис.3.24, становить собою пристрій для вимірювання значення вхідного сигналу та видачі керуючих впливів. Прилад МІК-21 оснащений високо інтегрованим мікро контролером RISC-архітектури, що виконаний за високошвидкісною КМОП технологією з низьким енергоспоживанням. Під керуванням цього мікроконтролера виконується велика кількість функцій контролю й регулювання, що складають меню регулятора та запрограмовані у постійному запам'ятовуючому пристрої.

Регулятор містить АЦП, вузли дискретно-цифрового вводу й цифро-дискретного виводу, сторожові схеми для контролю циклів роботи програми.

Внутрішня програма МІК-21 функціонує з постійним часовим циклом. На початку кожного циклу внутрішньої робочої програми зчитуються значення аналогових і дискретних входів, здійснюється зчитування і обробка клавіатури (виявлення достовірності, подавлення «дріб'язку» індикації), прийом команд і даних з послідовного інтерфейсу. За допомогою цих вхідних сигналів забезпечуються у відповідності із запрограмованими функціями (алгоритмами) та параметрами конфігурації, що визначаються користувачем, усі розрахунки. Після цього здійснюється вивід інформації на вихідні індика-

ційні елементи, а також фіксація розрахункових величин для режиму передачі послідовного інтерфейсу.

Регулятор МІК-21 має три рівні режимів: захисту, роботи та конфігурації і настройки. Режим захисту в тій чи іншій мірі забороняє виконання небажаних дій і призначений для захисту обладнання, технологічного процесу, а також у підсумку користувача від помилкового або випадкового уводу значень та несанкціонованого доступу сторонніх лиць до системи керування.

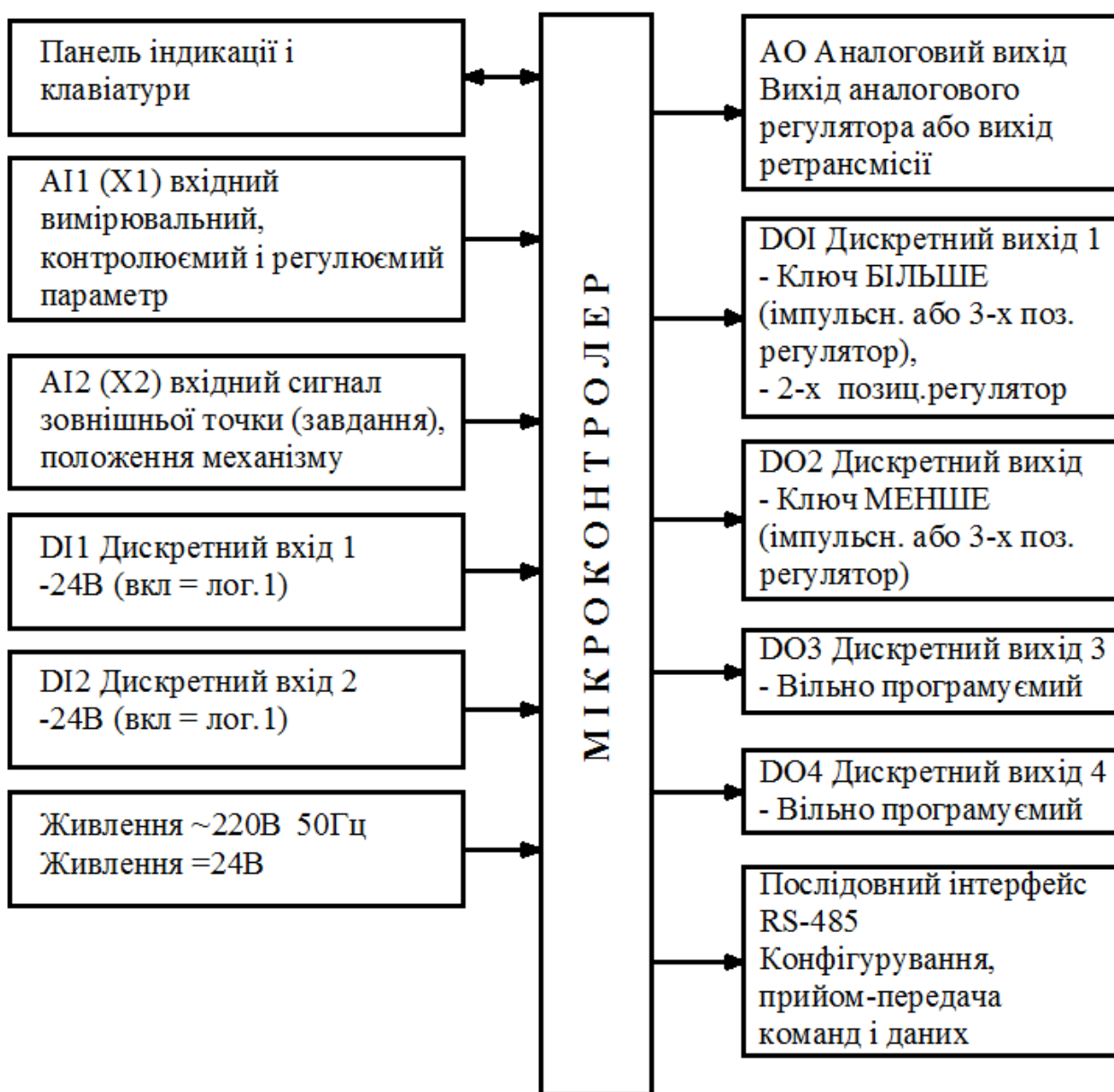


Рис. 3.24. Структурна схема регулятора МІК-21.

Таблиця 3.4. Основні характеристики деяких вимірювачів-регуляторів серії ОВЕН ТРМ.

Характеристика	МК-2 (двокана- льний)	МК-21 (однокана- льний)	МК-25 (однокана- льний)	МК-22 (двокана- льний)	МК-12 (однокана- льний)
Кількість входів-виходів: - аналоговий вхід - дискретний вхід - аналоговий вихід - дискретний вихід (імпульсний)	2 2 - 4(2)	2 2 1 2(1)	2 2 1 2(1)	2 2 1 4(2)	2 - 1 2(1)
Тип входу аналоговий (опір вхідний)	Уніфікований: 0÷5 мА(400 Ом); 0÷20 мА(100 Ом); 0÷10В (25 кОм). Термоперетворювач опору: ТСП 50П,100П;Pt150;Pt100;ТСМ50М,100М; Гр.21, 23. Термоелектричний перетворювач: ТХК(L), ТХА(К), ТПП(S), ТПР(В), ТВР(А), ТЖК(І)				
Тип виходу аналоговий (опір навантаження)	Уніфікований: 0÷5 мА(2 кОм); 0 (4)÷20 мА(500 Ом); 0÷10В (2 кОм).				
Тип дискретного виходу	Р – релейний з контактами (220В, 8А); С – оптосемістор з внутрішньою схемою переходу через нуль (600В, 50 мА); Т – транзисторний (40В, 100 мА); К- твердотільне реле (60В, 1А)				
Тип дискретного входу	24В постійної напруги со струмом до 10 мА				
Основна наведена похибка вимірювання	±0,25 ±0,2%				
Алгоритм керування	ПІД	ПІД або ПІД-ШИМ	ПІД	ПІД	ПІД або ПІД-ШИМ
Примітка: тип дискретного виходу Р,С,Т чи К забезпечується окремим клемно-блоковим з'єднувачем КБЗ і визначається замовником					

Таблиці 3.5. Основні технічні характеристики восьмиканальних вимірювачів-регуляторів серії МТР

Характеристика	МТР-8 (з математичними функціями)	МТР-44 (з програмним забезпеченням)
Кількість входів-виходів: - аналоговий вхід - дискретний вхід - аналоговий вихід - дискретний вихід	8 0 (max 8)* 1 (max 4)* 8 (max 16)*	8 0 (max 8)* 1 (max 4)* 8 (max 16)*
Тип входу аналоговий (опір вхідний)	Уніфікований: 0÷5 мА(400 Ом); 0(4)÷20 мА (100 Ом); 0÷10В (25 кОм). Термоперетворювач опору: ТСП 50П, 100П; Pt150; Pt100; ТСМ 50М, 100М; Гр.21, 23. Термоелектричний перетворювач: ТХК(L), ТХА(K), ТПП(S), ТПР(B), ТВР(A), ТЖК(I)J	
Тип виходу аналоговий (опір навантаження)	Уніфікований: 0÷5 мА(2 кОм); 0(4)÷20 мА(500 Ом); 0÷10В (2 кОм).	
Тип дискретного виходу	Р – релейний з контактами (220В, 8А); С – оптосимістор з внутрішньою схемою переходу через нуль (600В, 50 мА); Т – транзисторний (40В, 100 мА); К- твердотільне реле (60В, 1А)	
Основна наведена похибка вимірювання	±0,2%	
Алгоритм керування чи обчислення	ПІД-аналоговий, ПІД-імпульсний, ПІД-ШИМ, 2-х або 3-х позиційний	
	Обчислення середнього значення по декількох каналах вимірювання	Програмний (48 кроків по кожному каналу, програмне керування реверсивними двигунами)
Примітка: * - у скобках визначена максимальна кількість входів-виходів у разі застосування одного з модулів поширення (МР); тип дискретного виходу Р,С,Т чи К забезпечується окремим клемно-блоковим з'єднувачем КБЗ і визначається замовником		

У режим роботи регулятор переходить кожного разу, коли вмикається живлення. Як правило, цей режим обирається під час роботи для керування контуром регулювання, за яким можливо здійснювати моніторинг, тобто візуально відслідковувати вимірювану величину, завдання і значення керуючого впливу, а на світлодіодних індикаторах – режим роботи регулятора, сигнали технологічної сигналізації у разі перевищення верхньої чи нижньої межі відхилення.

Режим конфігурації і настройок дозволяє виконувати операції вводу параметрів і констант алгоритму керування, параметрів сигналізації відхилень, параметра фільтру і завдання типу входу, виду завдання (внутрішнє, зовнішнє), параметру мережного обміну і калібровки, тип алгоритму керування, а також способи дозволу входу у меню конфігурації й запису параметрів. Усі параметри функцій меню регулятора розподілені по групах, кожна з яких носить назву «рівень». Кожне задане значення (елемент настройки) у цих рівнях називається «параметром». Цей рівень, а їх у регуляторі 19, і визначає параметр функції конфігурування, який обирається на кожному рівні натисканням спеціальної клавіші лицьової панелі.

Так, наприклад, якщо необхідно задати конфігурацію структури регулятора (рівень 10), то в таблиці меню цього рівня, що надається в інструкції на регулятор, слід обрати пункт 10.03 меню конфігурації. Згідно пункту 10.03 діапазон зміни параметрів від 0000 до 0005 забезпечує той чи інший закон регулювання, а отже і функціональну схему алгоритму регулювання. На рис.3.25 представлена внутрішня структура імпульсного ПД-алгоритму регулювання згідно пункту меню 10.03 з діапазоном параметру 0003 за відсутності зворотного зв'язку по положенню виконавчого механізму.

Функція ретрансмісії у цій структурі забезпечує передачу на аналоговий вихід АО значень аналогових входів AI1, AI2, розузгодження на вході регулятора і поточного завдання регулятора (SP-задана точка). Перемиканням кнопок може бути забезпечений ручний (РУ) і автоматичний (АВТ) режим керування, каскадний (КУ) і локальний (ЛУ) режим кодування. Плавність (безударність) зміни

режимів керування, тобто заданої точки, забезпечується за допомогою статичного чи динамічного балансування вузла задатчика регулятора. Дискретні виходи DO3 і DO4 є вільно програмовані і можуть бути задіяні для сигналізації шляхом керування одним з обраних аналогових входів. Основний імпульсний вихід (DO1 і DO2) здійснює керування електродвигуном виконавчого механізму. Адреси регістрів 7,8 і 14 мають відповідний функціональний код операції у кадрі повідомлення ModBus RTU і є програмно доступними регістрами оперативного керування.

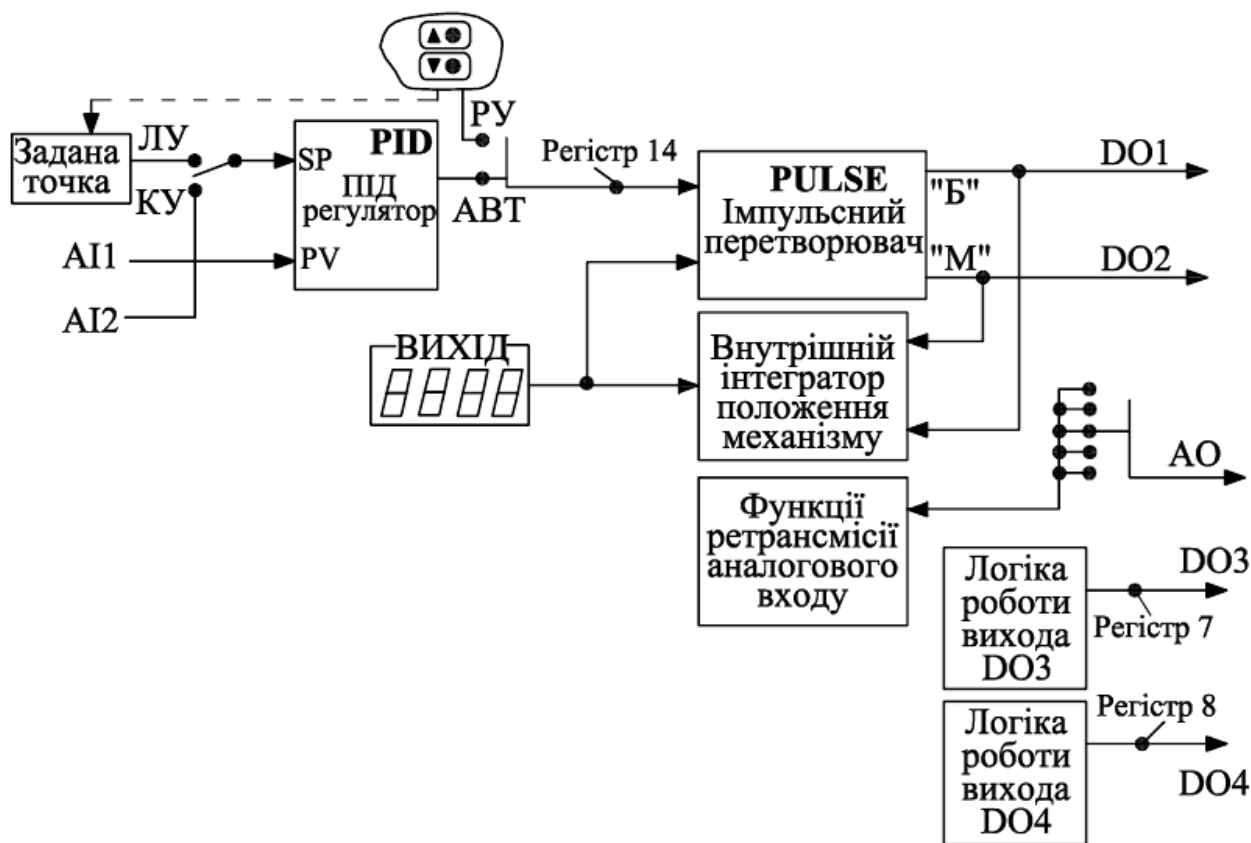


Рис.3.25. Функціональна схема імпульсного ПІД-алгоритму регулювання приладу МІК-21.

У разі, якщо існує необхідність застосування регулятора з параметрами конфігурації 0001 (аналоговий ПІД-регулятор), 0002 (ПІД-ШІМ регулятор), 0004 (3-х позиційний регулятор) і 0005 (2-х позиційний регулятор), то внутрішня функціональна структура МІК-21 буде мати вигляд представлений на рис.3.26.

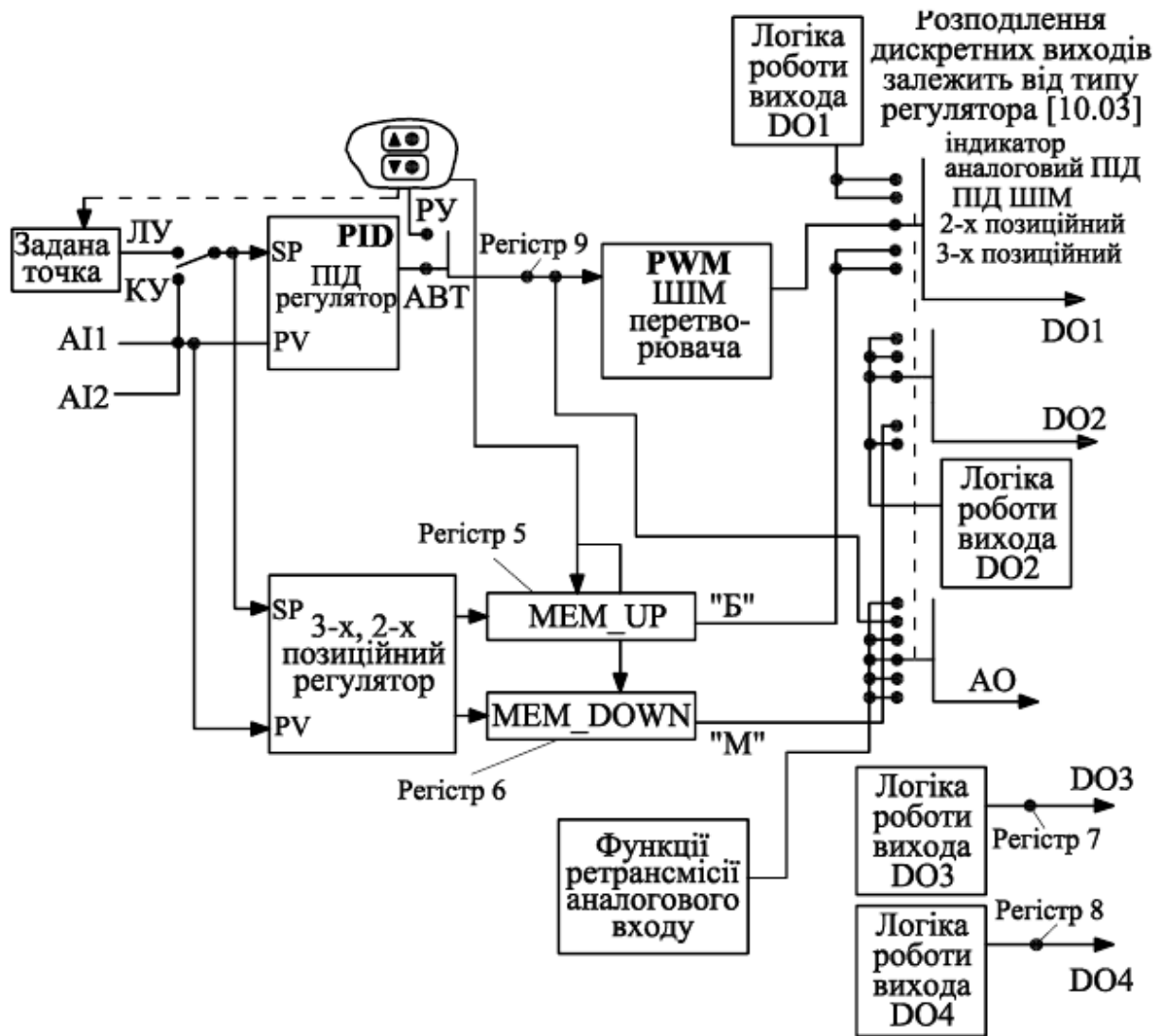


Рис.3.26. Функціональна структура регулятора МІК-21.

У цій структурі з конфігурацією для аналогового ПІД-регулятора канал керування надходить на вихід АО, що унеможливує функцію ретрансмісії. При цьому усі дискретні виходи DO1÷DO4 є вільно програмовані, які найчастіше застосовують для сигналізації, а адреси програмно доступних регістрів 9, 5 і 6 з відповідним функціональним кодом забезпечують в процесі конфігурування вивід значень аналогового керуючого сигналу на вихід АО та уставок більше («Б») чи менше («М») в структурі 2-х і 3-х позиційного регулятора по мережі обміну даними. Позначення та призначення перемикачів ідентично попередній структурі.

Підключення вхідних і вихідних пристроїв до регулятора МІК-21 здійснюється за допомогою роз'єму (див. рис.3.27) на задній стінці приладу, до якого приєднується широко стрічковий кабель клемно-блочного з'єднувача КБЗ-25 чи КБЗ-28, що мають різні типи виходу. З іншого боку цієї стрічки розташована клемна колодка із затискачами та індикаторами.

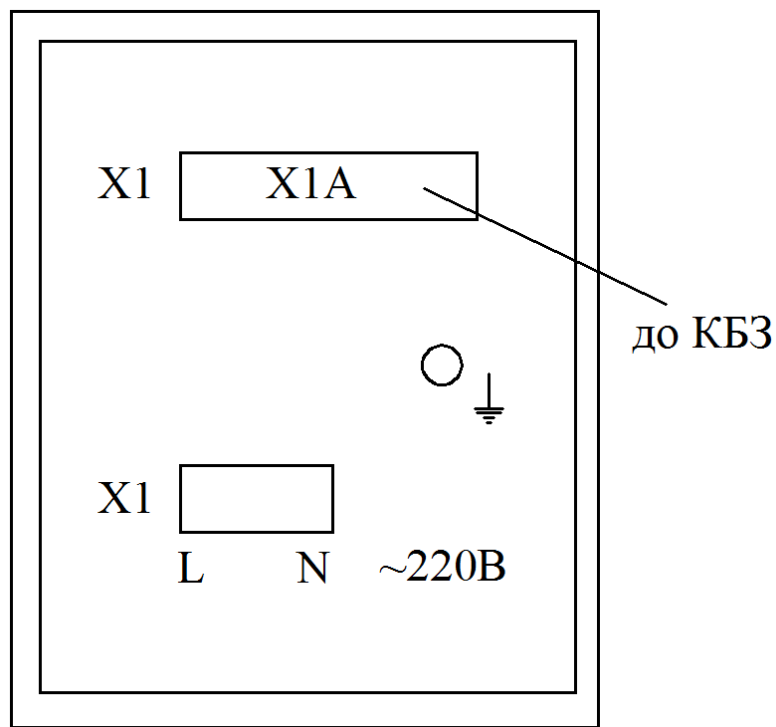


Рис. 3.27. Розташування роз'ємів X1 і X2 на задній стінці регулятора МІК-21 для підключення відповідно КБЗ та напруги живлення.

КБЗ-25 застосовується в моделях МІК-21 з транзисторними і аналоговими виходами, а КБЗ-28Р, КБЗ-28С і КБЗ-28К – як правило, в моделях відповідно з релейними, оптосімісторними виходами та виходами для твердотільного реле. На рис.3.28 і 3.29 наведені габаритні розміри і схеми розташування затискачів для вхідних і вихідних сигналів та роз'ємів для кабельної стрічки КБЗ-25 і КБЗ-28Р (С,К).

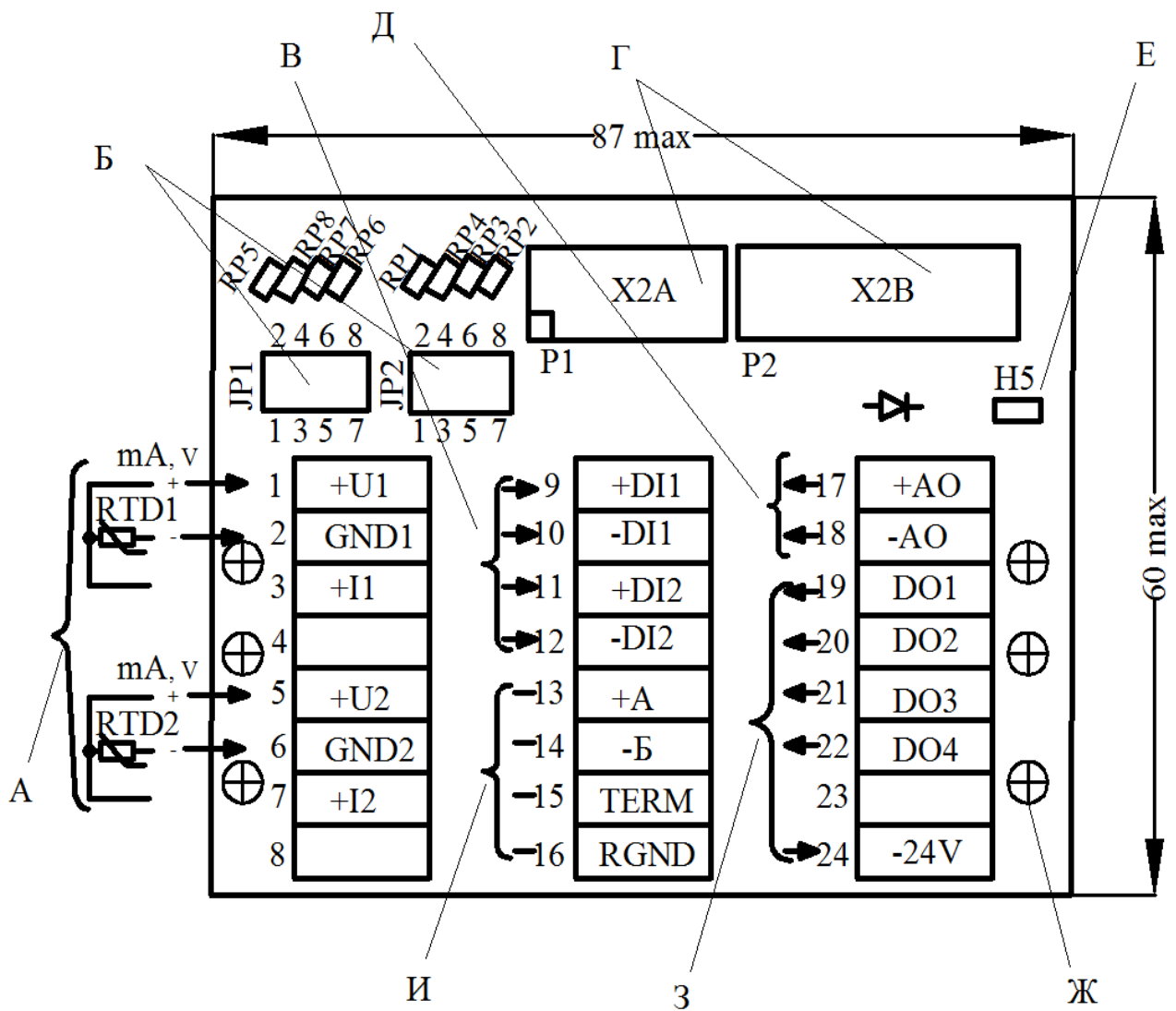


Рис. 3.28. Схема розташування затискачів для вихідних і вхідних сигналів КБЗ-25: А – підключення датчиків до входів АІ1 і АІ2 (RTD-термоопір ТСМ чи ТСП); Б – розташування перемищок РР для настроювання входів; В – підключення дискретних входів; Г – підключення стрічкового кабелю, що з’єднує МІК і КБЗ; Д – підключення аналогових виконавчих пристроїв; Е – індикатор підключення зовнішнього джерела живлення 24В до клем 23 і 24; Ж – ніжки (2 шт.) для установки КБЗ на рейку DIN35×7,5; З – підключення дискретних виконавчих пристроїв і навантажень; И – підключення інтерфейсу RS-485.

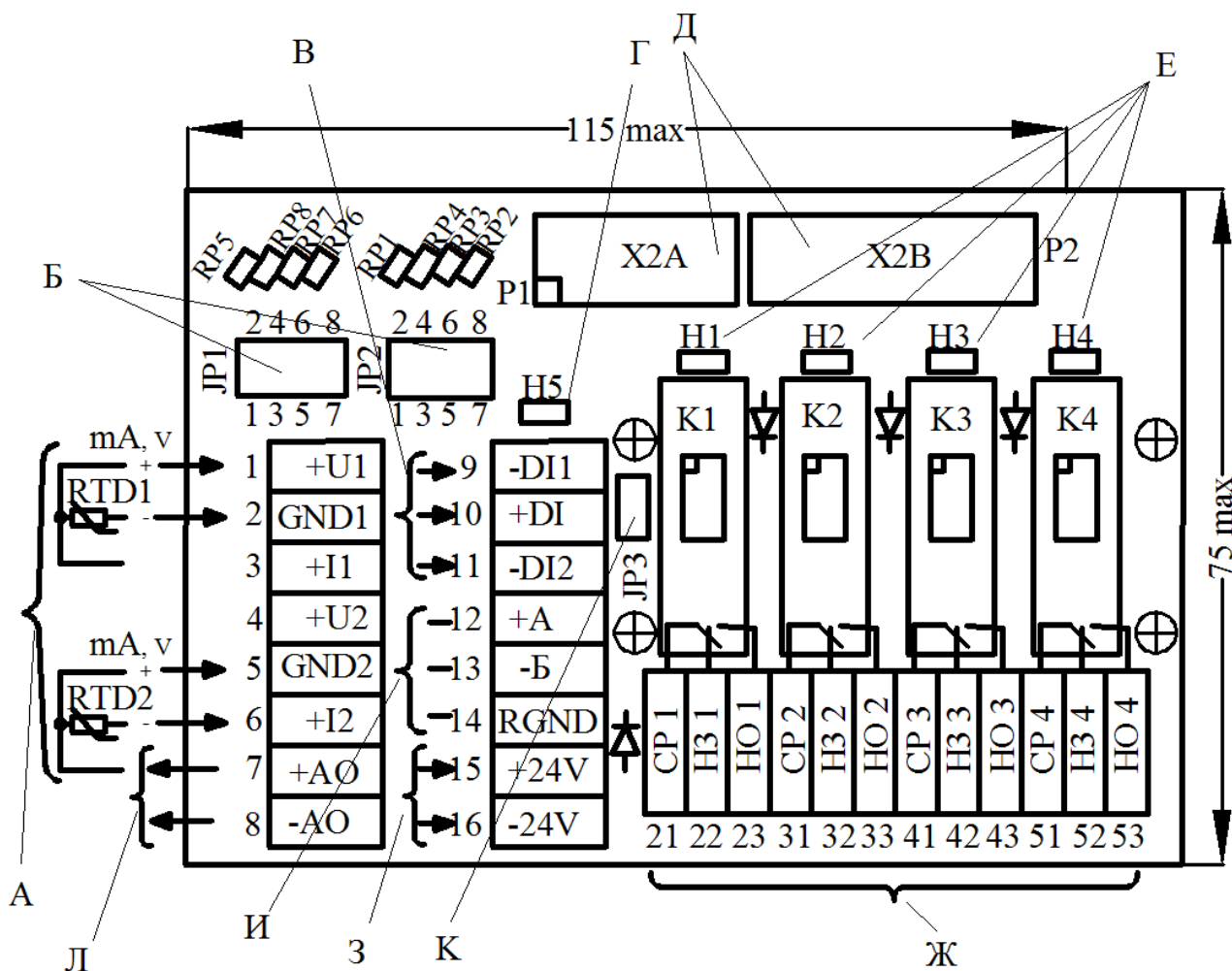


Рис. 3.29. Схема розташування затискачів для вихідних і вхідних сигналів КБЗ-28Р (С,К): А – підключення датчиків до входів АІ1 і АІ2 (RTD-термоопір ТСМ чи ТСП); Б – розташування перемичок RP для настроювання входів; В – підключення дискретних входів, де D1 (+24В) – загальний для дискретних входів; Г – індикатор подачі живлення (= 24В) на клема 15 і 16; Д – підключення стрічкового кабелю, що з’єднує МІК і КБЗ; Е – індикатори включення дискретних виходів відповідних каналів; Ж – підключення дискретних виконавчих пристроїв до виходів DO1 (клеми 21÷23 «більше»), DO2 (клеми 31÷33 «менше»), DO3 (клеми 41÷43) і DO4 (клеми 51÷53); З – підключення джерела живлення дискретних виходів (24В); И – підключення інтерфейсу RS-485; К – підключення термінатора (120 Ом) інтерфейсу RS-485; Л – підключення аналогових виконавчих пристроїв.

Положення контактів реле К1÷К4 на рис.3.29 представлено у положенні виключено, тобто за знеструмленій обмотці реле, а пара дискретних виходів може виконувати роль одного імпульсного виходу (більше/менше).

Слід відзначити, що за умови підключення індуктивних навантажень (реле, пускач, контактори, соленоїди і т.п.) до дискретних транзисторних виходів МІК для запобігання виходу з ладу вихідного транзистору внаслідок великого струму самоіндукції необхідно паралельно навантаженню (обмотці реле) встановлювати блокуючий діод VD, наприклад КД209, як це показано на рис.3.30, що розрахований на зворотну напругу 100 В, а прямий струм 0,5 А. При цьому діод VD має бути встановлений на кожному каналі, до якого підключене індуктивне навантаження.

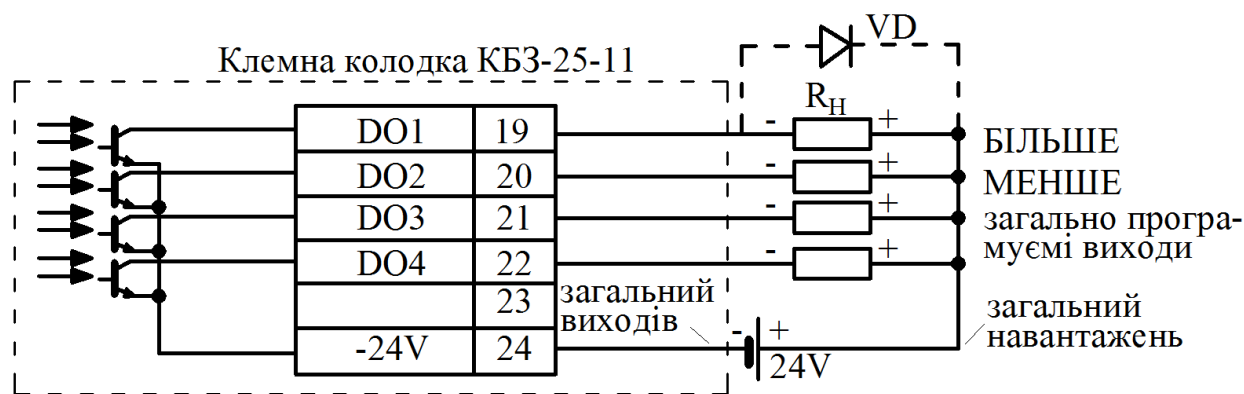


Рис. 3.30. Підключення дискретних навантажень за допомогою КБЗ-25 з транзисторним виходом.

Організація інтерфейсного зв'язку між РС і регуляторами ідентична наведеній на рис. 3.1 та з деякими уточненнями ілюструється рис.3.31.

У цій схемі на відміну від рис.3.1 у якості перетворювачів інтерфейсу застосовуються блоки БПІ-485 (RS 232/485) або БПІ-52 (USB/485). При цьому довжина лінії L_0 має бути якомога меншою. Підключення інтерфейсу RS-485 до КБЗ-25 або КБЗ-28 здійснюється згідно схем, наведених на рис.3.32.

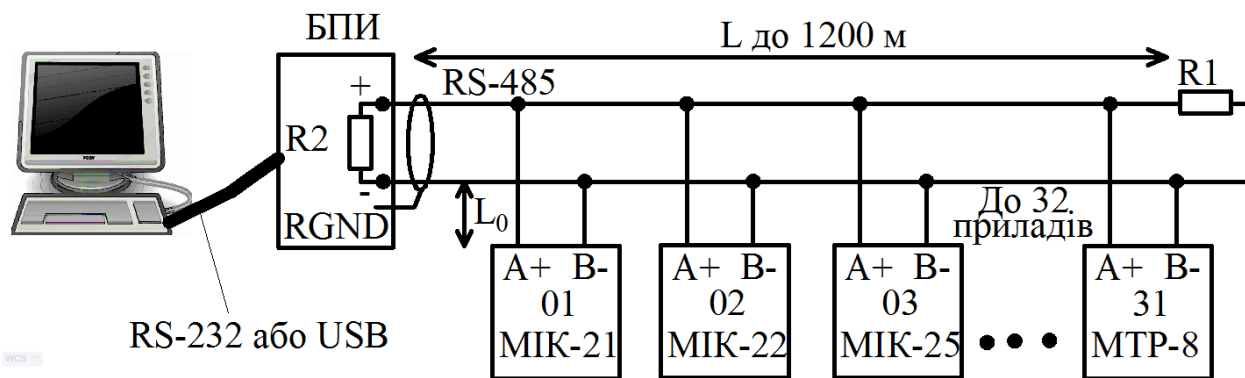


Рис. 3.31. Схема організації інтерфейсного зв'язку між РС та регуляторами серії МІК і МТР: $R_1=R_2=120$ Ом термінатори.

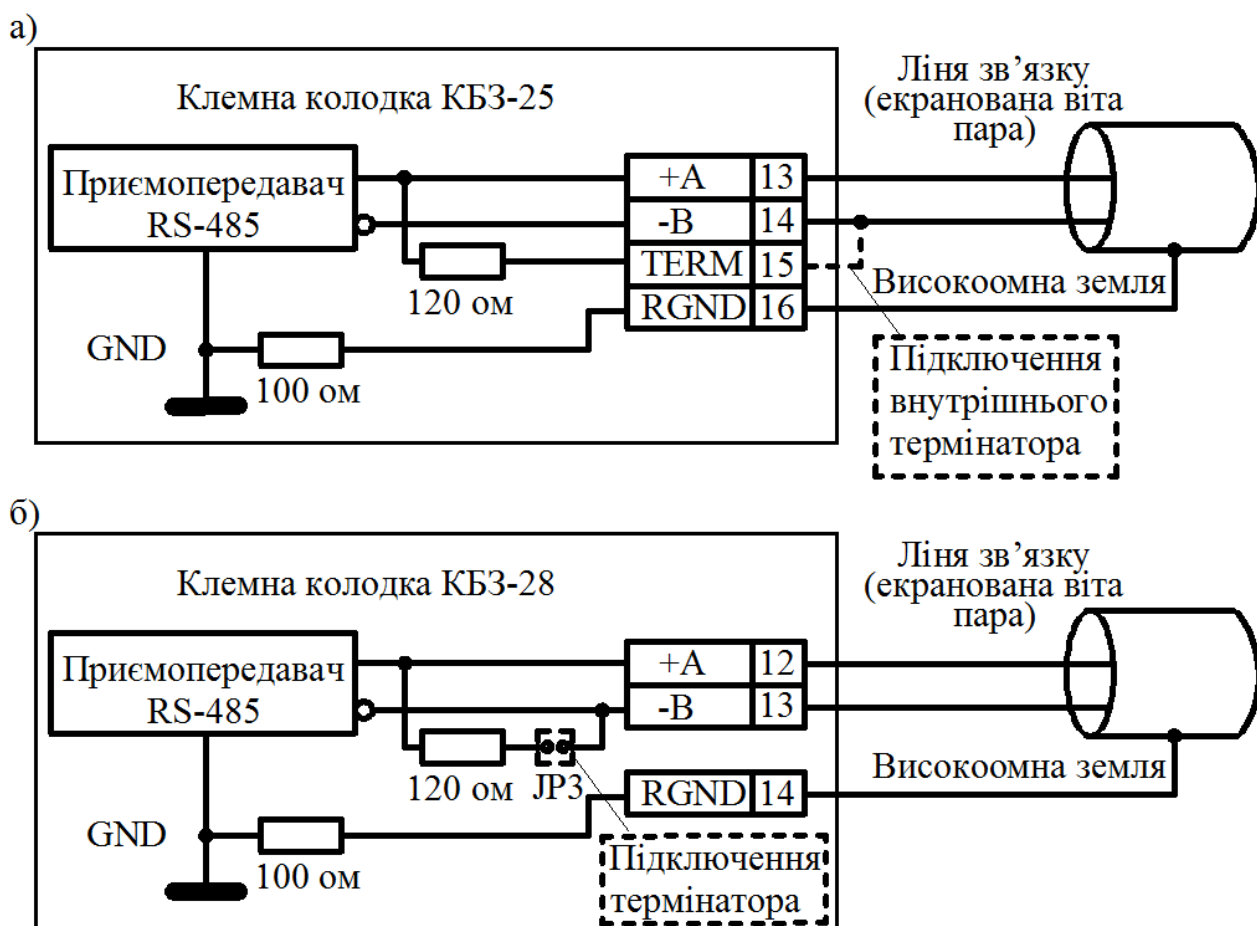


Рис. 3.32. Схема підключення інтерфейсу RS-485 за допомогою KB3-25 (а) та KB3-28 (б): JP3 – перемичка на платі KB3, замкнений стан якої відповідає підключенню термінатора 120 Ом.

Вимірювач-регулятор універсальний МІК-25 за принципом дії, загальною структурою та рівнями режимів функціонування (захисту, роботи, конфігурування і настройок) є ідентичний регулятору МІК-21 (див. рис.3.24). Проте режим конфігурації і настройок дозволяє на рівні 10 пункту 10.07 меню конфігурації побудувати будь-яку структуру регулятора від стандартної до співвідношення і каскадної з імпульсним або аналоговим виходом. Останні дві структури у вигляді функціональних схем представлені на рис.3.33.

Для структури згідно рис.3.33а стан індикаторів відповідає стану індикаторів стандартного регулятора, але на індикаторі «завдання» відбивається задане співвідношення після натиснення кнопки «ЗАВД» між параметрами на вході АІ1 і АІ2, що забезпечує режим зміни заданої точки SP.

На робочому рівні регулятора кнопками лицьової панелі можливо виконати зміну режиму роботи, тобто здійснити перехід з автоматичного режиму керування (каскадний КУ і локальний ЛУ) у ручний режим керування (РУ) і навпаки, змінити значення заданої точки, а також значення керуючого впливу у режимі РУ. Режими роботи КУ, ЛУ і РУ є станами із запам'ятовуванням, а саме після вмикання живлення регулятор буде знаходитись у тому режимі, в якому він був на момент відключення.

Режим керування КУ може бути як із внутрішнім, так і з зовнішнім каскадуванням (див.рис.3.33б) заданої точки. Внутрішня задача точки SP1 (завдання) змінюється з передньої панелі приладу, а зовнішня – задається по зовнішньому аналоговому виходу АІ2 і змінити її з передньої панелі регулятора неможливо. Структура каскадного регулятора передбачає застосування як внутрішнього зворотнього зв'язку з коефіцієнтом K_{oc} , так і зовнішнього.

Підключення приладу МІК-25 до КБЗ та схеми їх зовнішніх з'єднань ідентичні приладу МІК-21.

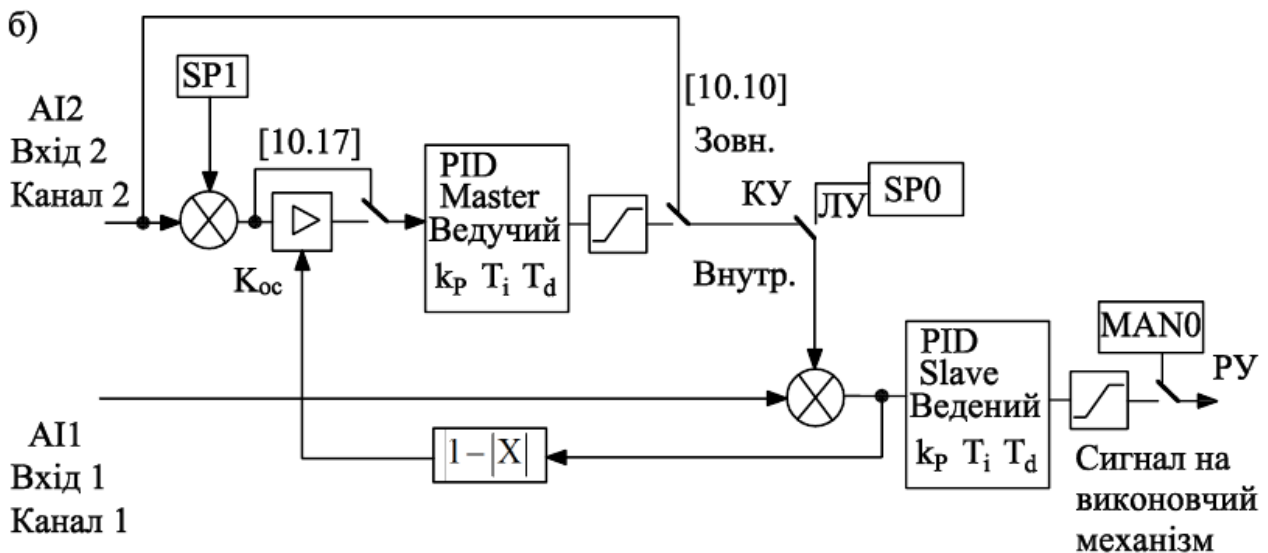
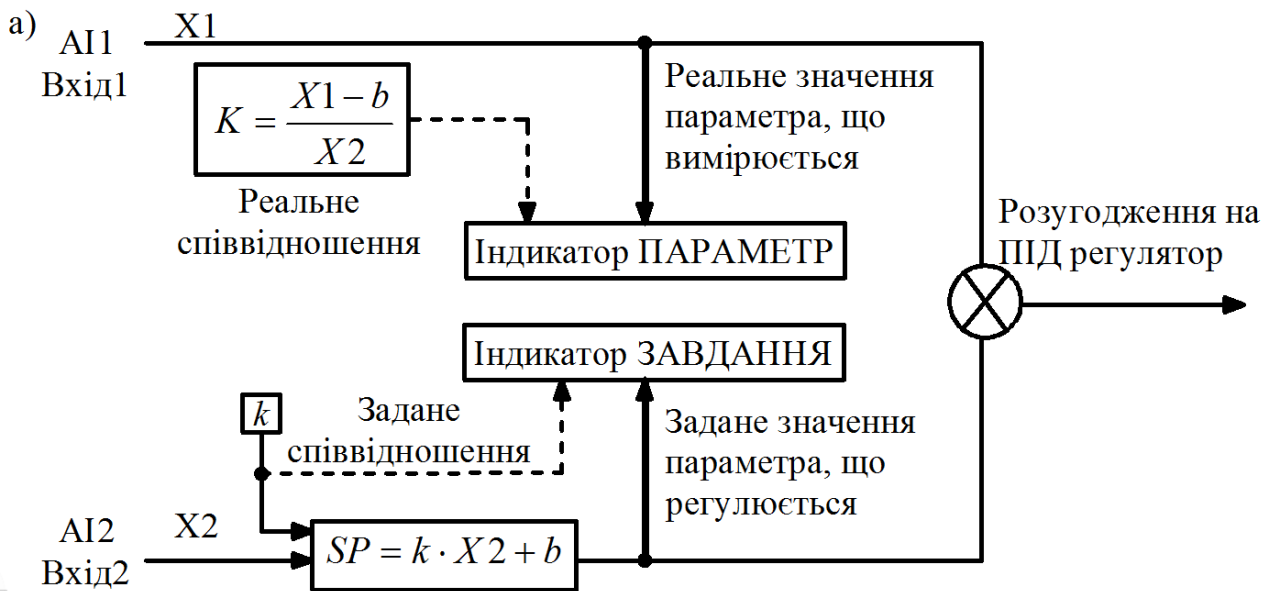


Рис.3.33. Функціональні схеми регулятора співвідношення (а) та каскадного регулятора (б) приладу МІК-25: 10.10 і 10.17 – пункти меню конфігурації структури регулятора відповідно для вибору виду каскадування (зовнішнє чи внутрішнє) та типу зворотного зв'язку.

Вимірювач-регулятор багатоканальний МТР-8 побудований на ідентичній базі та характеризується такими ж рівнями режимів як і регулятори типу МІК. Однак на відміну від них забезпечує вимірювання значень восьми вхідних параметрів, їх обробку, перетворення

за вимогою керуючих впливів. Тому схема регулятора, що наведена на рис.3.34 має більш складну структуру.

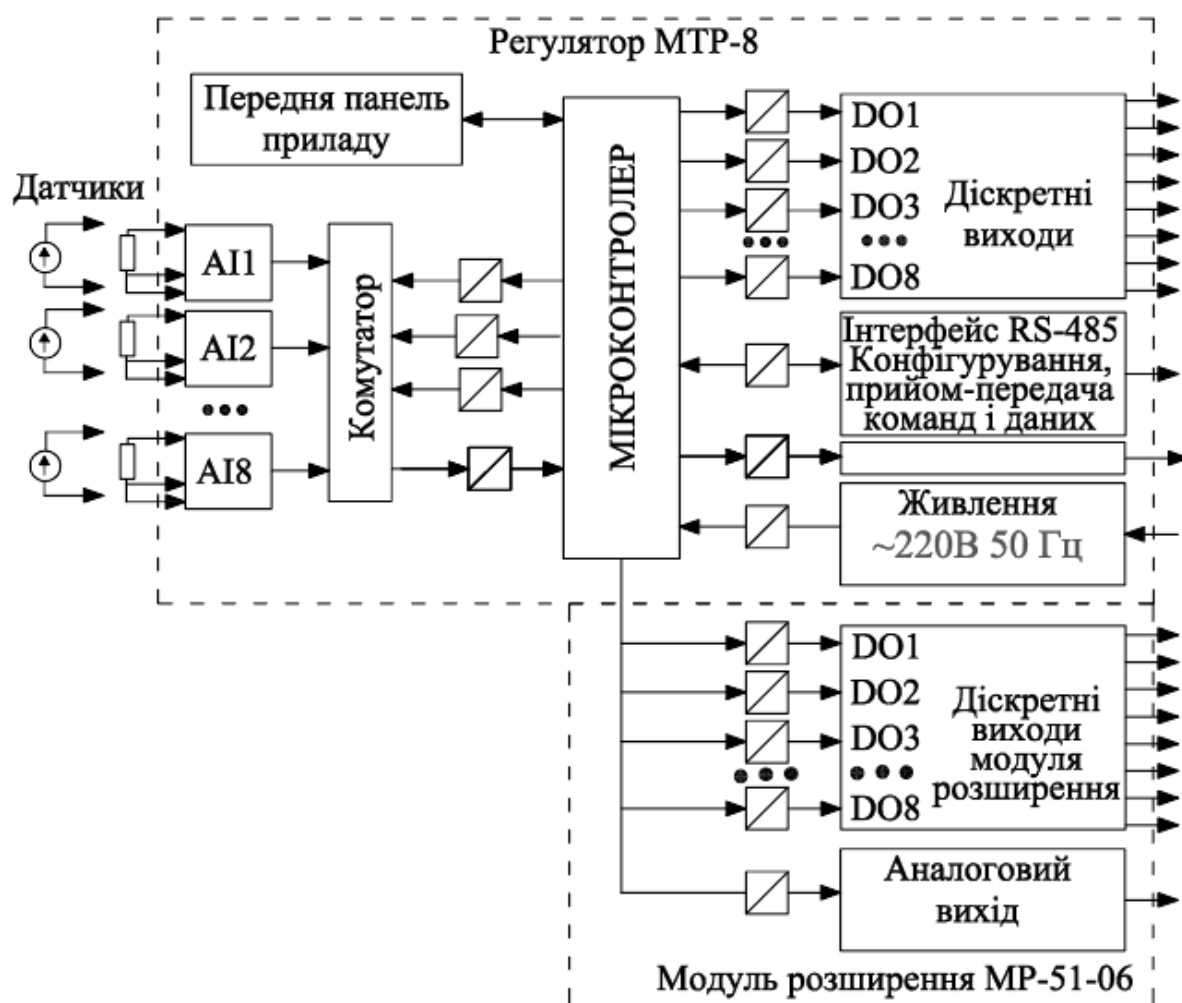


Рис.3.34. Структурна схема регулятора МТР-8 з модулем розширення.

Регулятор МТР-8 оснащений АЦП з комутацією, восьмиканальним вузлом цифро-дискетного виводу, сторожовими схемами для контролю циклів роботи програми, енергонезалежною пам'яттю для збереження параметрів конфігурації користувача і даних. Внутрішня програма мікроконтролера забезпечує виконання таких самих функцій як і у регуляторах МІК. Однак на початку кожного циклу відбувається зчитування значень восьми аналогових входів AI1÷AI8. За допомогою цих вхідних сигналів здійснюються у відповідності із запрограмованими функціями і параметрами конфігурації, що закла-

дені користувачем, усі розрахунки (обчислення різниці між аналоговими сигналами, середнього значення або вологості за даними показань на вході сухого і вологого термометрів).

Аналогові виходи також можуть функціонувати у двох режимах: з аналоговим виходом ПІД-регулятора та ретрансмісії.

Кожний аналоговий вхідний сигнал передбачає процедуру обробки, яка використовується для представлення його у необхідній користувачу формі. Схема обробки одного каналу аналогового входу наведена на рис.3.35.

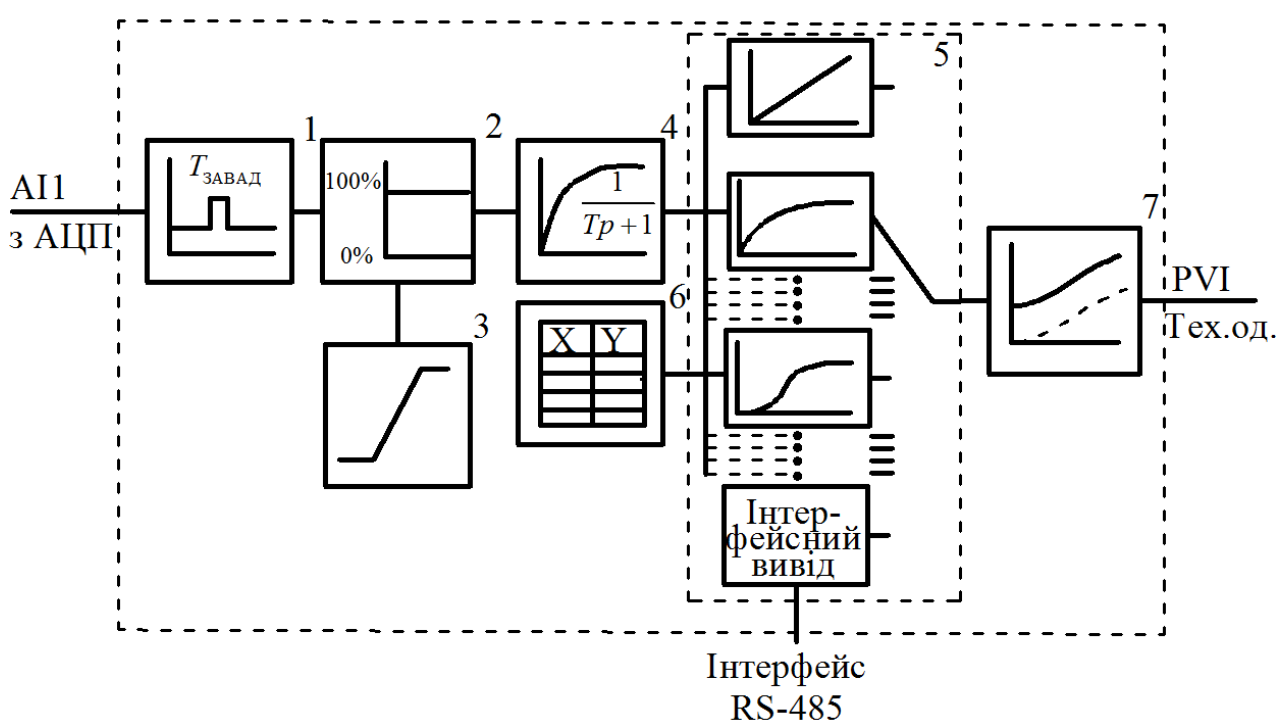


Рис.3.35. Блок-схема обробки аналогового входу: 1 – фільтр імпульсних завад; 2 – модуль нормалізації сигналу; 3 – блок калібрування параметрів; 4 – експоненціальний фільтр; 5 – модуль математичної обробки сигналу; 6 – таблиця координат лінеаризації сигналу; 7 – модуль корекції аналогового входу.

Фільтр 1 застосовується для подавлення імпульсних завад, яким визначається тривалість завади $T_{ЗАВАДИ}$. За допомогою модуля 2 здійснюється контроль достовірності даних, тобто у разі виходу аналогового сигналу на 10% за діапазон, що встановлюється в процесі ка-

лібровки приладу, цей модуль надсилає сигнал про недостовірність даних у каналі. Параметри калібровки блоку 3 визначають точність каналу і можуть змінюватись при зміні датчика або при переході на інший тип датчика. Фільтр 4 застосовується для подавлення завад, а також для подавлення «дріб'язку» індикації (частих змін в показаннях індикатора внаслідок коливань вхідного сигналу). Модулем 5 забезпечується лінеаризація й масштабування вхідного сигналу згідно завданій користувачем номінальній статичній характеристиці датчика, що підключений до даного входу. За допомогою таблиці 6 визначаються параметри координат, що необхідні користувачу для лінеаризації. Модулем 7 може бути забезпечено зміщення сигналу, що перетворений у попередніх блоках, на задане користувачем значення. Це значення корекції сумується з вхідним сигналом або віднімається від вхідного сигналу у залежності від знаку коефіцієнту корекції. При цьому сигнал по інтерфейсу надходить одразу у модуль математичної обробки 5.

Зв'язок МТР-8 із зовнішніми пристроями для реалізації АСР здійснюється за допомогою широкої номенклатури клемно-блокових з'єднувачів, які з'єднуються з регулятором стрічковими кабелями як це показано на рис.3.36.

Підключення датчиків із забезпеченням аналогового виходу регулятора згідно рис.3.36 виконується з використанням КБЗ-24-17, варіанти схем з'єднання яких наведені на рис.3.37.

Розташування та маркування затискачів зовнішніх кіл КБЗ для базової моделі МТР-8 представлено на рис.3.38, а на рис.3.39 наведена схема підключення зовнішнього джерела живлення 24В постійного струму, що забезпечує живлення навантаження (пускачі) та внутрішніх схем керування навантаженням. При цьому включення діоду VD по кожному каналу запобігає виходу з ладу вихідного транзистора уразі застосування індуктивних навантажень (реле, пускачі, контактори, соленоїди).

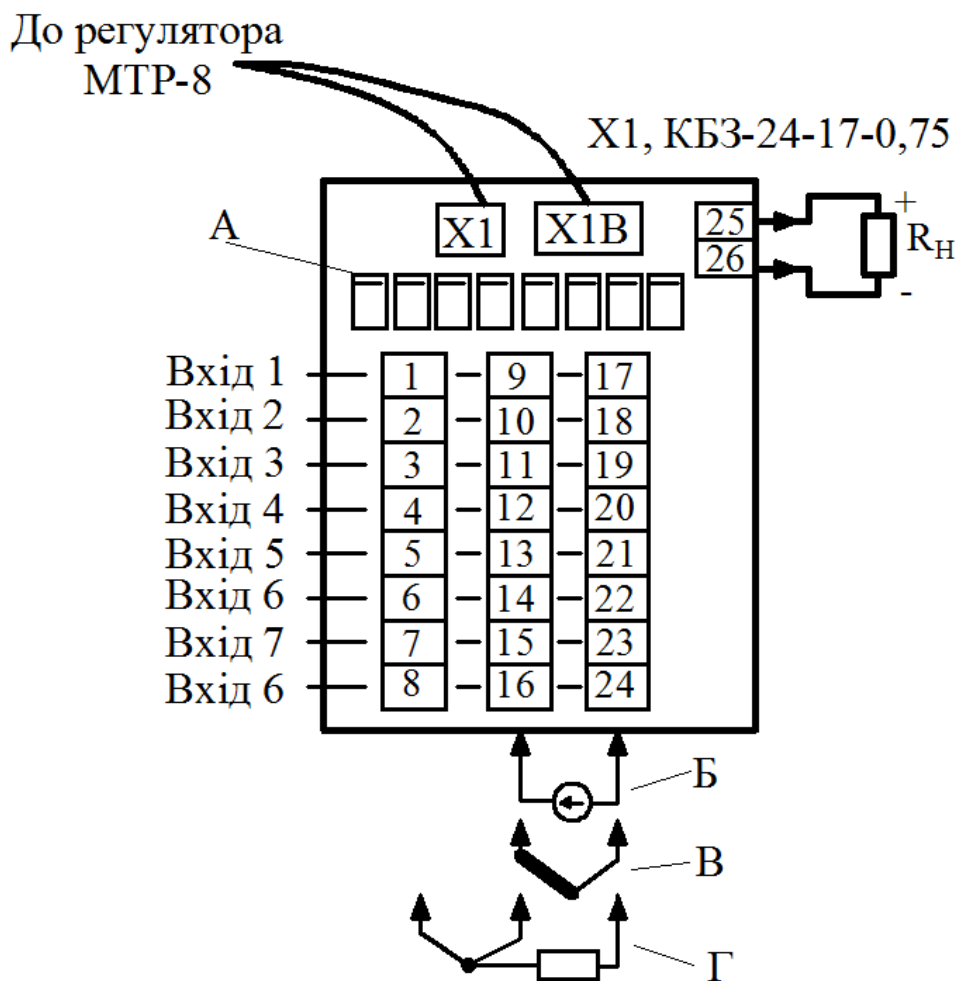


Рис. 3.37. Схема підключення датчиків до КБЗ-24: А – перемички для вибору типу вхідного сигналу (датчика); Б – підключення датчиків з уніфікованим струмовим сигналом (0÷5 мА, 0÷20 мА, 4÷20 мА, 0÷10 В) та сигналів 0÷75 мВ і 0÷1 В; В – підключення термоелектричних перетворювачів; Г – підключення термоопорів; R_H – навантаження аналогового виходу (наприклад для електропневматичного перетворювача).

Поставка КБЗ-30Р (К,С) здійснюється замість КБЗ-16 для підключення до МТР-8, якщо є необхідність застосування у якості вихідних пристроїв твердотільних реле, релейних виходів та оптосимісторів із умонтованим детектором нульової напруги фази. Окремі схеми підключення для цих дискретних виходів за допомогою КБЗ-30 наведені на рис.3.40 і 3.41.

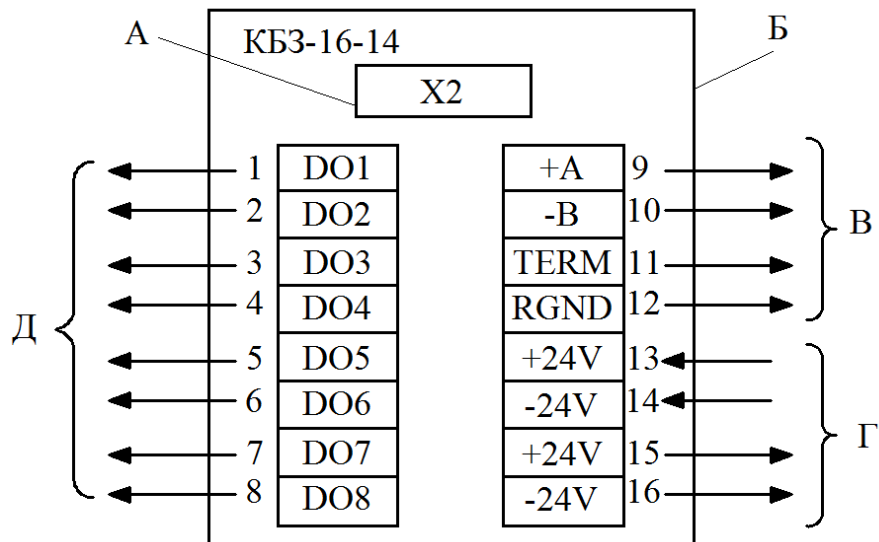


Рис.3.38. Розташування сигналів КБЗ-16-14: А – підключення кабелю для зв'язку КБЗ і МТР-8; Б – ніжки (2 шт) для монтажу КБЗ на рейку DIN35×75; В – підключення інтерфейсу RS-485; Г – живлення дискретних виходів і зовнішніх кіл; Д – підключення дискретних виконавчих пристроїв і навантажень.

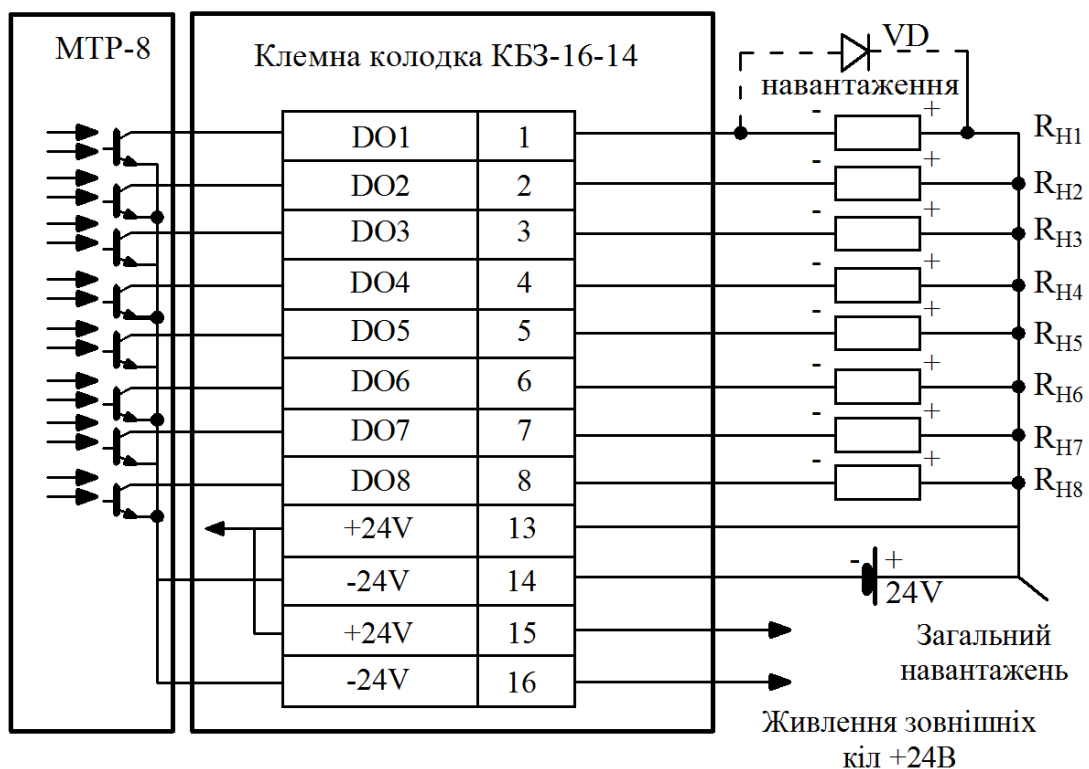


Рис.3.39. Схема підключення дискретних навантажень до КБЗ-16-14: R_Н – навантаження, наприклад пускач ПБР-2; VD – захисний діод, наприклад КД209 чи КД258.

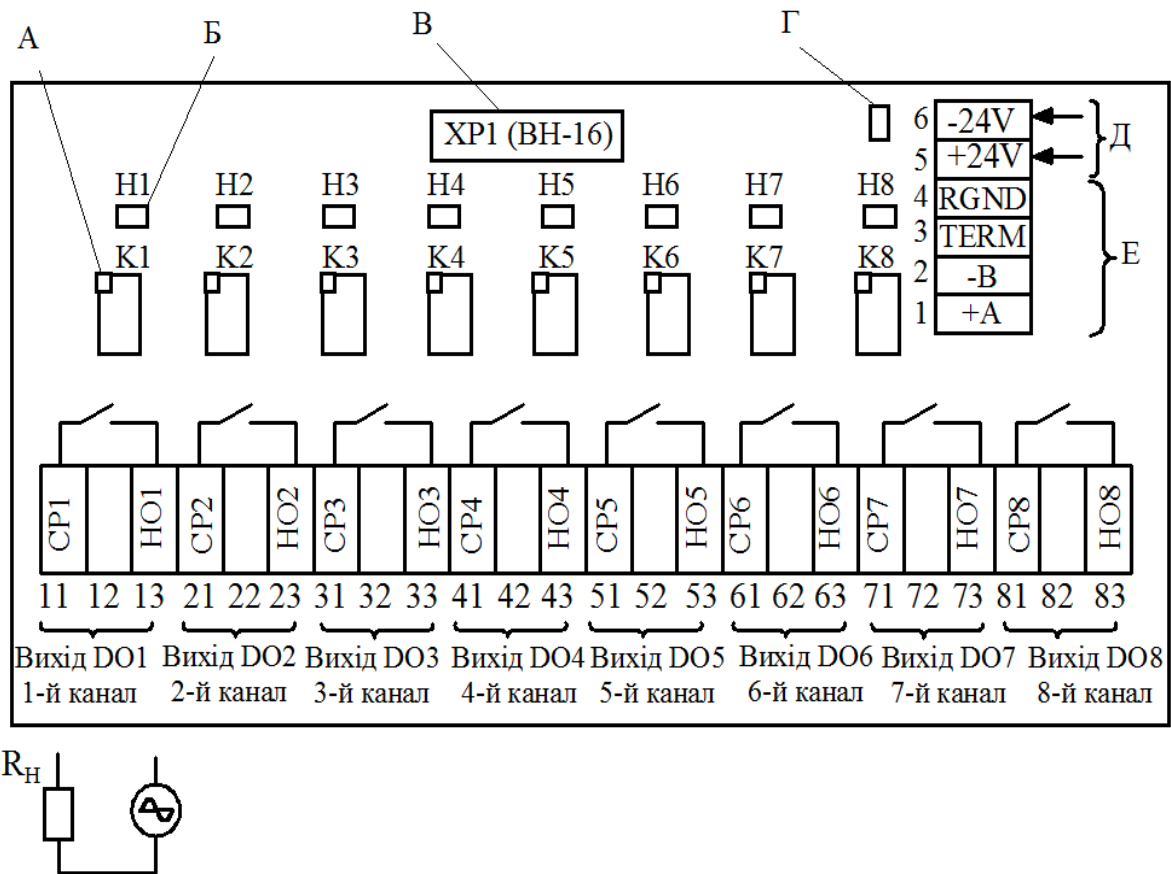


Рис.3.40. Розташування сигналів у КБЗ-30К-11 для керування виходом твердотільних реле: А – вихідне реле 1-го каналу; Б – індикатор вмикання реле 1-го каналу; В – роз’єм для приєднання через широкострічковий кабель до МТР-8; Г – індикатор подачі напруги живлення 24В постійного струму; Д – клеми живлення схем керування реле; Е – підключення інтерфейсу RS-485; R_n – навантаження; К1÷К8 – твердотільні реле, контакти яких вказані у вимкненому положенні.

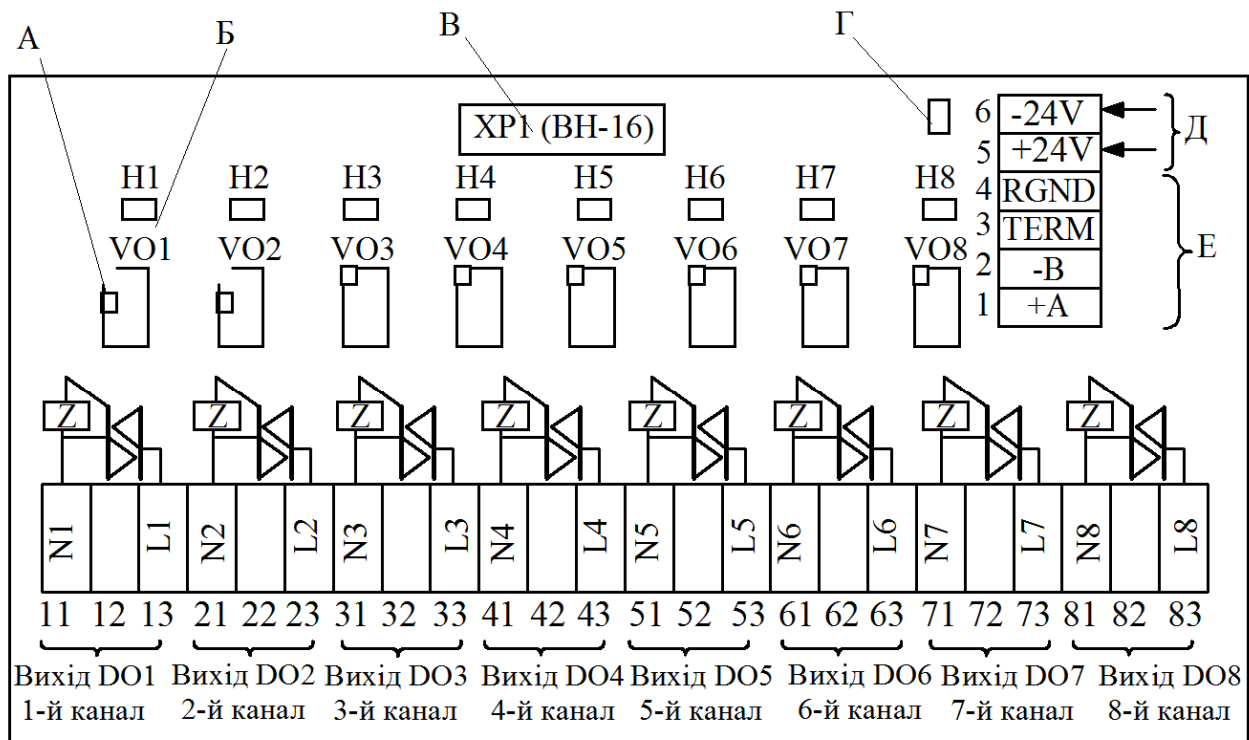


Рис.3.41. Розташування сигналів у KBZ-30C-11 для керування виходом оптосимісторів: А – вихідний оптосимістор 1-го каналу; Б – індикатор вмикання 1-го каналу; В – роз’єм для підключення через широкострічковий кабель до МТР-8; Г – індикатор подачі напруги живлення 24В постійного струму; Д – клеми живлення схем керування оптосимісторами; Е – підключення інтерфейсу RS-485; VO1÷VO8 – оптосимістори.

3.5. Визначення параметрів настроювання.

Визначення алгоритму ПІД-регулювання, якщо задана передатна функція або перехідна характеристика, може бути попередньо кількісно здійснено за емпіричними формулами. Для П-регулятора коефіцієнт підсилення K_p визначають за рівнянням:

$$K_p \approx T_0 / (\tau \cdot K_0), \quad (3.1)$$

де T_0 – постійна часу об’єкту; τ – час запізнення; K_0 – коефіцієнт підсилення об’єкту по каналу регулювання.

Для ПІ-регулятора розраховуються коефіцієнт підсилення K_p та час інтегрування T_i за такими рівняннями:

$$K_p \approx 0,8T_0/(\tau \cdot K_0); \quad (3.2)$$

$$T_i \approx T_0. \quad (3.3)$$

За умови застосування ПІД-регулятора рекомендовано застосувати для визначення коефіцієнту підсилення K_p , часу інтегрування T_i та часу диференціювання T_d наступні формули:

$$K_p \approx 1,2T_0/(\tau \cdot K_0); \quad (3.4)$$

$$T_i \approx T_0; \quad (3.5)$$

$$T_d \approx 0,4T_0. \quad (3.6)$$

Розрахунок параметрів по цих формулах не може дати оптимального настроювання регулятора, оскільки, як правило, отримані аналітично властивості об'єкту найчастіше основані на спрощеній її моделі. Тому після розрахунку параметрів регулятора бажано виконати їх корегування згідно теоретично обґрунтованих правил, які можуть бути зведені до наступного:

- збільшення K_p підвищує швидкодію і знижує запас стійкості;
- зменшення інтегральної складової T_i призводить до більш швидкого протягом часу зменшення статичної помилки регулювання та зниження запасу стійкості;
- збільшення диференціальної складової T_d підвищує швидкодію і знижує динамічну помилку регулювання.

Слід відзначити, що спроби настроювання регуляторів без початкового наближеного розрахунку коефіцієнтів можуть не мати успіху і навіть привести до аварійної ситуації.

4. ПРОГРАМОВАНІ ЛОГІЧНІ КОНТРОЛЕРИ

4.1. Загальні відомості

Програмований логічний контролер (PLC) – це спеціалізований мікропроцесорний керуючий пристрій, пристосований для використання безпосередньо у виробничих умовах та який програмується на алгоритмічних мовах, доступних користувачам, що не мають спеціальної підготовки з програмування.

PLC являє собою пристрій, що забезпечує збір, перетворення, обробку, збереження інформації та відтворення команд керування. Він містить певну кількість входів і виходів для підключення до них пристроїв, що зв'язані з об'єктом керування (датчики, виконавчі механізми) та призначений для роботи у режимах реального часу.

В основу PLC покладена типова структура МП-пристрою, дооснащеного модулями зв'язку з керуємим об'єктом, а також пультом (пристроєм) користувача, за допомогою якого реалізуються функції програмування, налагодження, діагностування керуючої програми і відображення станів об'єкту регулювання. Узагальнена структура PLC представлена на рис.4.1.

Згідно рис.4.1 до складу PLC входить: керуючий автомат, пульт керування. Основним пристроєм PLC є керуючий автомат (КА), виконаний на базі МП, що здійснює програмне керування процесом запису, збереження і відпрацьовування керуючих програм (КП) у PLC.

Для збереження КП використовуються різні типи ПЗП (ROM, PROM, RE PROM). У деяких моделях PLC замість ПЗП використовується ОЗП з підживленням від батареї акумулятора. ОЗП використовується для оперативного збереження програм в процесі їх налаштування і апробації. За допомогою системної магістралі (СМ), яка складається з трьох шин (на схемі відсутні), а саме: системної шини адреси (США), системної шини даних (СШД), системної шини керування (СШК), керуючий автомат зв'язується з іншими пристроями PLC.

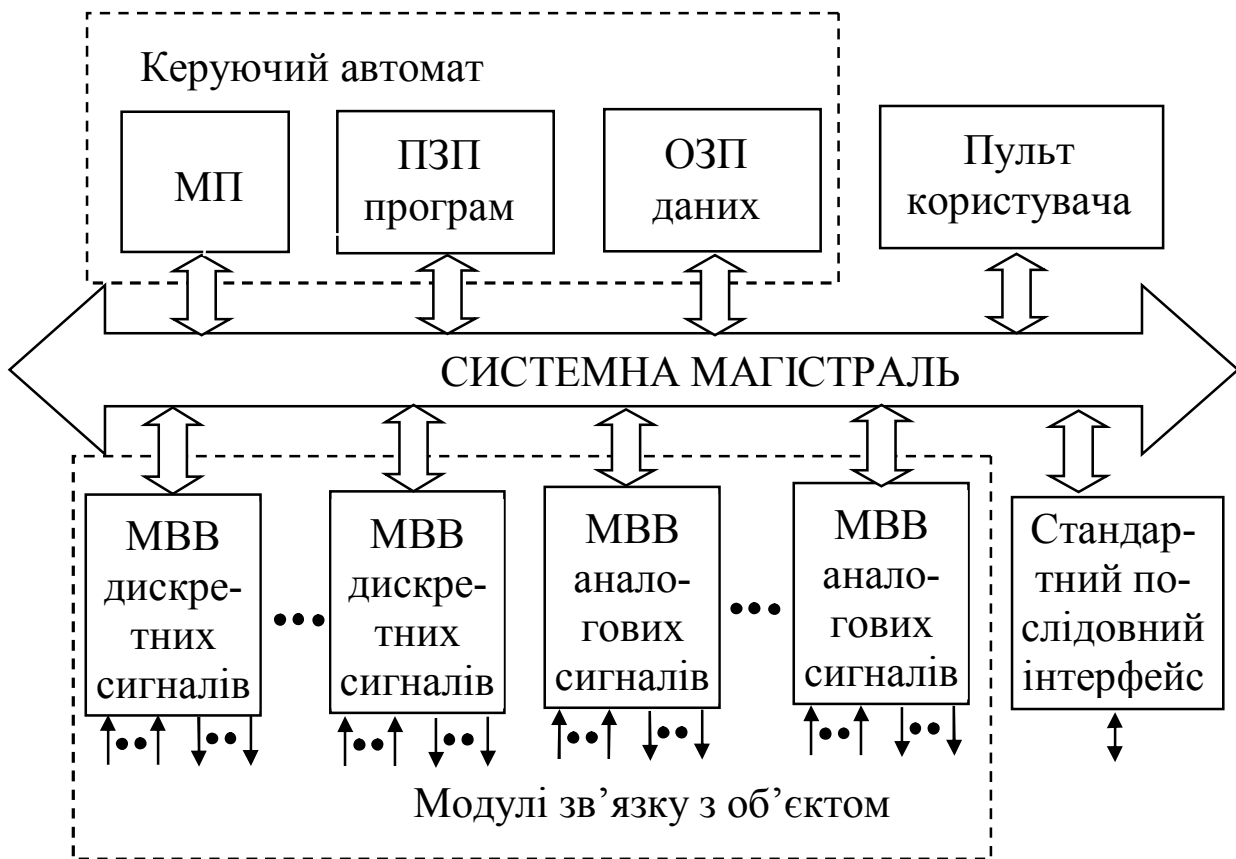


Рис.4.1. Узагальнена структура PLC: МВВ – модулі вводу-виводу сигналів.

Пульт керування містить панель (пульт, пристрій з клавіатурою) програмування і налагодження та пристрій відображення інформації, на який можна виводити інформацію про стан об'єкту керування, фрагменти КП (при запису, налагодженні, виконанні і корегуванні) та іншу інформацію. Найчастіше роль панелі може виконувати РС, зв'язаний відповідним інтерфейсом з PLC.

Модулі зв'язку з об'єктом керування становлять собою набори МВВ дискретних і аналогових сигналів, типи і кількість яких для підключення залежить від архітектури і конструкції окремої моделі PLC. Для об'єднання у промислову мережу або зв'язку з іншими мікропроцесорними системами PLC оснащуються стандартним послідовним інтерфейсом.

Принцип роботи PLC дещо відрізняється від мікропроцесорних регуляторів. Програмне забезпечення PLC складається не тільки з

системного програмного забезпечення, але й з прикладного. Задачею прикладного програмування PLC є тільки реалізація керування конкретною технологічною системою відповідно до визначеного алгоритму. При цьому система виконання коду прикладної програми є частиною системного програмного забезпечення. Функціонування PLC також здійснюється циклічно, робочий цикл якого складається з чотирьох етапів. На першому етапі виконується опитування станів входів і запам'ятовування цієї інформації. На другому етапі відбувається аналіз і виконання програми користувача (керуючої програми). На третьому етапі на основі рішень згідно КП формуються значення виходів. Четвертий етап пов'язаний з виконанням деяких допоміжних операцій (діагностика, підготовка даних для наладчика, візуалізація, мережний обмін по інтерфейсу). Циклограма роботи контролера може бути представлена у вигляді схеми, що наведена на рис.4.2.

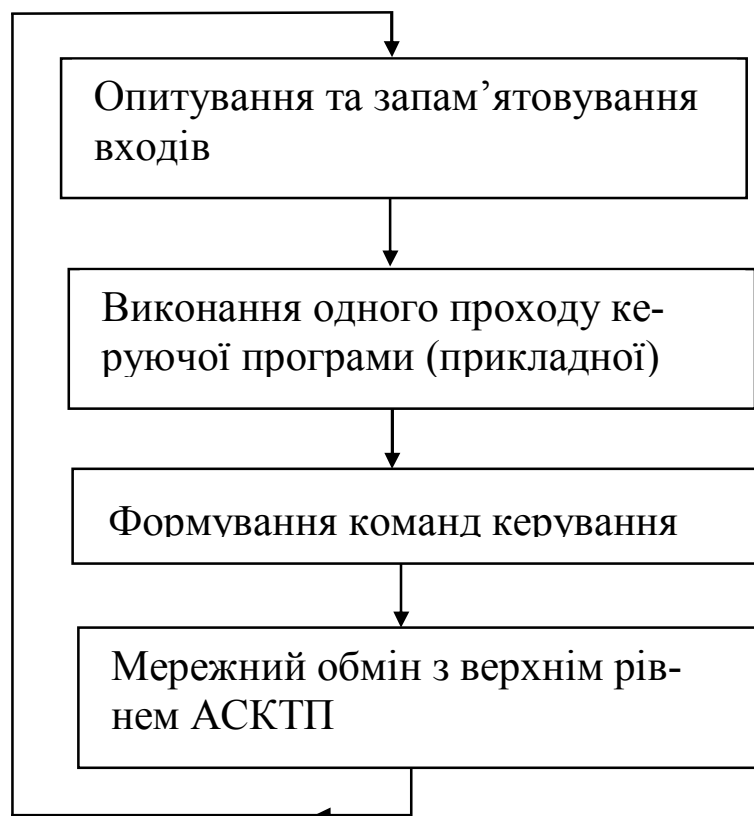


Рис.4.2. Умовна циклограма роботи контролера.

Відпрацьовування частин КП здійснюється одна за одною в порядку їх розміщення в програмі з поверненням до початку КП після закінчення всього циклу. Циклічне відпрацьовування (сканування) КП здійснюється за допомогою МП. При цьому виконання першого етапу забезпечується системним програмним забезпеченням. Після чого керування передається прикладній програмі, тобто тій програмі яка закладена користувачем, а по завершенні її керування переходить до системного рівня.

Одноразове опитування усіх входів-виходів PLC називається циклом сканування і позначається $T_{\text{Ц}}$, при цьому для нормального функціонування PLC повинна виконуватись умова

$$T_{\text{Ц}} + T_{\text{ІН}} < T_{\text{СПР.ВМ}}, \quad (4.1)$$

де $T_{\text{ІН}}$ – час, що втрачений на обслуговування інтерфейсного каналу;
 $T_{\text{СПР.ВМ}}$ – час спрацьовування виконавчих механізмів.

У випадку виконання цієї умови, виконавчий механізм не встигне виключитись за один робочий цикл PLC, а в наступному циклі, якщо перешкода, яка може бути пов'язана з помилковими сигналами від датчиків на входах, носить випадковий характер, то і помилковий керуючий вплив виконаний не буде. Для більш надійної роботи системи керування рекомендується під час проектування здійснювати опитування станів входів не один, а n -разів і тільки після n -разового підтвердження стану конкретного входу використовувати цю інформацію для алгоритмічної обробки згідно КП.

Більшість PLC побудовані за блоково-модульним принципом, який дозволяє одержувати для окремої задачі керування конфігурацію контролера шляхом доукомплектування деякого базового комплекту. Як правило, до складу цього комплекту входить уніфікована касета або шасі, модуль процесора, модуль пам'яті, джерело живлення, до якого в залежності від складності системи керування додаються модулі вводу-виводу і спеціальні модулі зв'язку (розширен-

ня) для нарощування PLC. Згідно цього принципу усі PLC виготовляються у трьох варіантах конструктивного оформлення: моноблокові, модульні і розподілені. Моноблокові мають фіксований набір входів-виходів і можуть доукомплектовуватись модулями розширення. У модульних контролерах модулі вводу-виводу можуть мати різний склад і кількість, що визначається складністю поставленої задачі побудови АСКТП. У розподілених системах модулі або навіть окремі входи-виходи, що утворюють єдину систему керування, можуть бути рознесені на значні відстані. Нижче розглянуті більш детально окремі моделі PLC.

4.2. Малоканальний багатофункціональний контролер «Реміонт Р-130»

Реміонт Р-130 є малоканальним багатофункціональним мікропроцесорним контролером (МК), що призначений для автоматичного регулювання і логічного керування технологічними процесами в різних галузях промисловості. Завдяки його малоканальності забезпечується економічне керування невеликими агрегатами і висока живучість складних систем керування. МК мають до 28 аналогових і дискретних входів – виходів і оснащені інтерфейсним каналом цифрового послідовного зв'язку. За допомогою Р-130 можна реалізувати одноконтурні, каскадні, програмні, супервізорні й багатозв'язкові АСР, а також системи логіко – програмного керування з послідовною дією команд. Випускаються три моделі Р-130: регулювальна (мод.01), логічна (мод.02) і безперервно – дискретна (мод.23).

Регулювальна модель, призначена для вирішення завдань автоматичного регулювання, яка дає змогу виконувати локальне, каскадне, програмне, супервізорне, багатозв'язкове керування. Завдяки структурі цієї моделі можна вручну чи автоматично вмикати, вимикати, перемикаєти та реконфігурувати контури регулювання. Крім того, всі ці операції виконуються безударно, незалежно від складності структури керування. У поєднанні з обробкою дискретних сигналів ця модель дозволяє виконувати також логічні перетворювання сиг-

налів і видавати не лише аналогові чи імпульсні, а й дискретні команди керування.

За допомогою регулювальної моделі можна реалізувати до чотирьох незалежних контурів регулювання, кожний з яких може бути локальним чи каскадним, з аналоговим чи імпульсним виходом, з ручним, програмним чи супревізорним задавачем. Модель уміщує 76 зашитих у постійній запам'ятовуючій пристрій (ПЗУ) алгоритмів безперервної і дискретної обробки інформації, до яких входять алгоритм ПД – регулювання, математичних, динамічних, нелінійних, аналого – дискретних і логічних перетворювань. Крім того, є 99 алгоблоків з можливістю вільного їх заповнення різними алгоритмами з бібліотеки і конфігурування алгоблоків між собою та з входами – виходами МК. На базі цієї моделі можна здійснювати ручне встановлювання чи автопідстроювання будь – яких коефіцієнтів настроювання в різних алгоритмах, безударну зміну режимів керування і безударне вмикання, вимикання, перемикавання та реконфігурування контурів регулювання будь – якого ступеня складності, оперативне керування контурами регулювання за допомогою 12 клавіш, двох чотирирозрядних цифрових індикаторів і набору світлодіодів, які дають змогу змінювати режими, встановлювати завдання, керувати виконавчими механізмами (ВМ), контролювати сигнали, індицирувати аварійні ситуації, обирати необхідну програму при програмному регулюванні, запускати, зупиняти і скидати програми, переходити до наступних ділянок програм, а також контролювати хід виконання програм.

Логічна модель, призначена для реалізації логічних програм крокового керування, дає змогу формувати логічну програму крокового керування з аналізом умов виконання кожного кроку, завдання контрольного часу на кожному кроці та з умовним чи безумовним переходом програми до заданого кроку. В поєднанні з обробкою аналогових сигналів ця модель дає змогу виконувати також різноманітні функціональні перетворювання аналогових сигналів і виробляти не лише дискретні, а й аналогові керуючі сигнали. За допомогою логіч-

ної моделі можна реалізувати чотири незалежні логічні програми крокового керування, кожна з яких може бути лінійною (що послідовно виконується крок за кроком) чи розгалуженою з безумовним чи умовним переходами. Ця модель дозволяє здійснювати до 87 етапів програми з можливістю реалізації на кожному етапі до 20 кроків. При цьому на кожному кроці задаються умови його виконання, контрольний час, протягом якого аналізуються умови, і визначається поведінка програми у випадку, коли ці умови не виконуються. Інші можливості моделі в основному аналогічні попередній.

Безперервно – дискретна модель призначена для вирішення змішаних завдань регулювання та логіки і дає змогу виконувати різноманітні перетворювання як аналогових, так і дискретних сигналів.

За допомогою цієї моделі можна реалізувати: одну логічну програму крокового керування, що вміщує до дев'яти кроків; чотири контури регулювання з аналоговим виходом чи вісім контурів імпульсного або позиційного регулювання. Інші функціональні можливості моделі аналогічні в основному попереднім.

Усі моделі Реміконту Р-130 містять засоби оперативного керування, розміщені на лицьовій панелі контролера, за допомогою яких можна вручну змінювати режими роботи, встановлювати завдання, керувати ходом виконання програм, вручну керувати виконавчими пристроями, контролювати сигнали та індицирувати помилки. Стандартні аналогові й дискретні датчики, виконавчі пристрої підмикаються до Р-130 за допомогою індивідуальних кабельних зв'язків.

Реміконт Р-130 можуть об'єднуватися в локальну керуючу мережу “транзит” кільцевої конфігурації без застосувань якихось допоміжних пристроїв. В одну мережу можуть вмикатись як однакові, так і різні моделі контролерів. Через мережу контролери можуть обмінюватись інформацією в цифровій формі по витій парі проводів. За допомогою шлюзу, що входить до складу Р-130, мережа “Транзит” може взаємодіяти з будь – яким зовнішнім абонентом (наприклад, ПЕОМ), що має інтерфейс ИППС чи RS-232C.

Реміконт Р-130 – це програмований пристрій. Процес програмування простий і зводиться до того, що натисканням кількох клавіш у певній послідовності з бібліотеки, яка зашита в ПЗУ, витягуються потрібні алгоритми. Ці алгоритми потім об'єднуються в систему заданої конфігурації і в них встановлюються необхідні параметри настанювання.

При відімкненні живильної напруги запрограмована інформація зберігається за допомогою вмонтованої батареї. Запрограмована інформація може бути записана у програмований пристрій ПЗУ (ППЗУ).

Склад мікроконтролера являє собою цілий комплекс технічних засобів. До його складу входить центральний мікропроцесорний блок контролера БК (базовий комплект) і низка допоміжних блоків. На рис.4.3 наведена загальна структура та склад контролера, а у табл. 4.1 – окремі технічні характеристики складових його блоків.

Таблиця 4.1 Склад технічних засобів комплексу Реміконт Р-30

Найменування	Позначення	Споживча потужність, ВА	Маса, кг	Габаритні розміри, мм
Блок контролера	БК-1	9	3	160x80x365
Пульт настроювання	ПН-1	-	0,35	168x81x36
Блок живлення	БП-1	15	1,8	133x100x137
Підсилювач для термопар	БУТ-10	2	0,6	133x40x146
Підсилювач для термоопорів	БУС-10	2	0,6	133x40x146
Підсилювач потужності	БУМ-10	80 мА - кожний індивідуальний вхід; 320 мА – груповий вхід; 6 мА – вхід “заборони”.	0,7	133x40x146

Закінчення таблиці 4.1

Блок перемикання	БПР-10	48 мА – груповий вхід; 6 мА – кожний інший вхід.	0,6	133x40x130
Блок шлюзу	БШ-1	9	3	160x80x365
Блок стирання	БСТ-1	60	9	360x130x320
Резистори нормуючі	РН-1	-	-	-
Міжблоковий з'єднувач	МБС	-	-	-
Клемно-блокові з'єднувачі	КБС-1	-	0,4	133x40x77
	КБС-2	-	1	133x110x77
	КБС-3	-	1	133x110x77
Клемна колодка	КБС-0	-	0,35	133x40x77

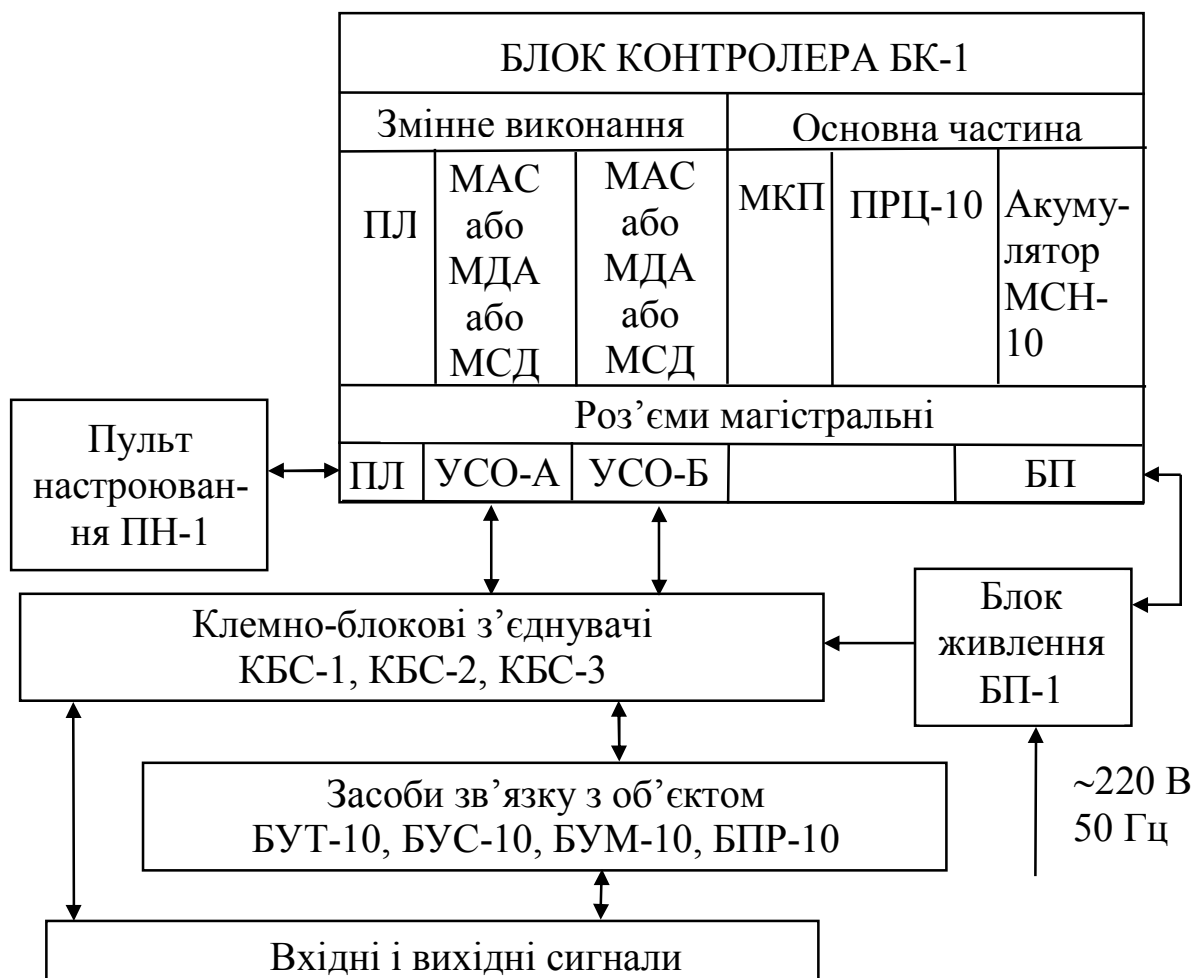


Рис.4.3. Загальна структура і склад контролера Р-130.

Центральний блок БК перетворює аналогову і дискретну інформацію в цифрову форму, обробляє цифрову інформацію та виробляє керуючі впливи. Допоміжні блоки використовуються для попереднього підсилення сигналів термопар і термоопорів, формування дискретних вихідних сигналів напругою 220 В, організації зовнішніх перемикачів і блокування та ін.

В Р-130 вмонтовано розвинуті засоби самодіагностики, сигналізації та ідентифікації несправностей, в тому числі при відмові апаратури, виході сигналів за припустимі межі, збої в оперативному запам'ятовуючому пристрої (ОЗУ), порушенні обміну по кільцевій мережі. Для дистанційної передачі інформації про відмову передбачено спеціальні дискретні виходи. Р-130 розрахований на щитовий та навісний монтаж.

Блок контролера БК-1 є центральним блоком і виконує такі функції: пряме і зворотне перетворення аналогових і дискретних сигналів у цифрову форму; обробку інформації, що надходить згідно з потрібними алгоритмами керування, які об'єднані в систему заданої конфігурації; вироблення дискретних аварійних сигналів; оперативний контроль і керування за допомогою клавіш та індикаторів, розміщених на лицьовій панелі блоку.

Блок БК-1 складають основна і змінна частини. До основної частини блока входять модуль контролю і програмування (МКП), модуль процесора (ПРЦ), що має безпосередній зв'язок з акумуляторною батареєю, і модуль стабілізованої напруги (МСН), що забезпечує живленням увесь контролер. Змінну частину утворюють два модулі пристроїв зв'язку з об'єктом УСОА і УСОБ, куди може входити одна з трьох модифікацій модулів УСО: модуль аналогових сигналів (МАС), модуль аналогових і дискретних сигналів (МДА), модуль дискретних сигналів (МСД). Виконання лицьової панелі (ПЛ) блока залежить від виду бібліотеки алгоритмів керування.

Модель блока контролера, що розрахована на автоматичне регулювання, має лицьову панель, зображену на рис. 4.4.

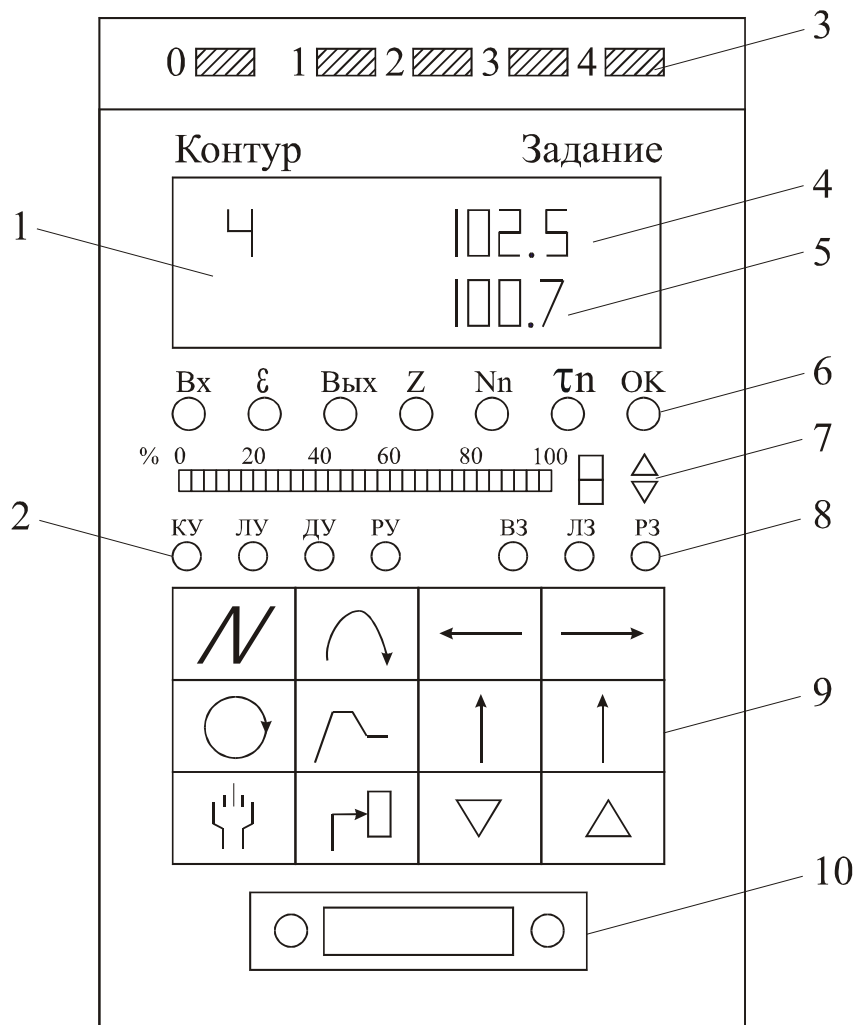


Рис. 4.4. Лицьова панель регулювальної моделі ОІ блока БК-1: 1– номер контуру; 2 – режими керування; 3 – помилки; 4 – сигнал завдання; 5 – значення контрольованих параметрів; 6 – види контролю; 7 – вихід; 8 – режими завдання; 9 – клавіатура; 10 – підключення пульта настроювання.

Лицьова панель призначена для оперативного керування контурами регулювання і містить світлодіодні лампові індикатори (ЛІ), світлодіодні цифрові індикатори (ЦИ), шкальний індикатор і клавіатуру. У верхній частині 3 ПЛ розміщені п'ять ЛІ, що контролюють помилки. Однорозрядний ЦІ (контур) 1 показує номер контуру, з яким працює оператор. На чотирирозрядний ЦІ (завдання) 4 виводиться сигнал завдання. Сім ЛІ в групі (види контролю) 6 вказують, яка інформація виводиться на нижній 5 чотирирозрядний ЦІ. Шкальний індикатор 7 (вихід) має 21-ламповий індикатор і показує зна-

чення сигналу на виході контуру чи положення виконавчого механізму. Два ЛІ “∇” і “Δ” у цій групі 7 сигналізують про роботу імпульсного регулятора в напрямку “менше” чи “більше”. Чотири ЛІ (режим керування) 2 вказують, у якому режимі працює контур (каскадне КУ, локальне ЛУ, дистанційне ДУ і ручне РУ керування). Три ЛІ (режим завдання) 8 вказують, який вид завдання встановлений у контурі (ручне РЗ, програмне ПЗ і зовнішнє завдання ВЗ). Перелік параметрів групи 6, які контролюють за нижнім ЦИ 5, наведено в табл. 4.2.




Таблиця 4.2. Перелік контрольованих параметрів і їх позначення

Режим контролю	Контрольований параметр	Розмірність
VX	Вхідний сигнал (регульований параметр)	Технічні одиниці
ε	Сигнал розузгоджування	Технічні одиниці
VIX	Вихідний сигнал (керуючий вплив)	%
Z	Довільний сигнал, призначення якого програмується	Програмується
Нп	Номер програми (при програмному регулюванні) і номер поточної ділянки програми	Число (два знаки)
$\tau_{п}$	Час що залишився до закінчення поточної ділянки програми	с, хв, год.
ОК	Помилка контур: вказується номер сигналу, що вийшов за припустимі значення	число


Лицьова панель має 12 клавіш 9, за допомогою яких здійснюється оперативне керування контурами регулювання. Загальний перелік команд керування наведено в табл. 4.3.

Модель блока контролера, що розрахована на логічне керування, має лицьову панель, яку зображено на рис. 4.5.

Таблиця 4.3. Команди оперативного керування контурами регулювання

Позначення клавiш	Команди
1	2
N	Вибiр номера контуру
← →	Вибiр режиму контролю
	Перехiд на ручний режим
	ручна змiна виходу
	Перехiд на автоматичний режим

Закiнчення табл.4.3.

	Перехiд на дистанцiйний режим
	Вiдмiна дистанцiйного режиму
	Перехiд на локальний режим
	Перехiд на каскадний режим
	Перехiд на ручний задавач
	Ручна змiна завдання
	Перехiд на програмний задавач
	Змiна номера програми (здiйснюється тiльки в станi "стоп")
	Пуск програми
	Зупинка програми "стоп"
	Скидання програми (здiйснюється тiльки у станi "стоп" i "кiнець" програми)
	Перехiд до наступної дiлянки програми (здiйснюється тiльки в станi "стоп")
	Перехiд на зовнiшнiй задавач

Лицьова панель призначена для оперативного керування логічними програмами і містить ЛІ, ЦІ та клавіатуру. У верхній частині 3 розміщено п'ять ЛІ, що контролюють помилки. 32 ЛІ (дискретний контроль) 4 використовуються для контролю стану до 32 дискретних сигналів. Однорозрядний ЦІ (прог) 1 показує номер програми, з якою працює оператор. Сім ЛІ в групі 2 (стан) вказують, у якому стані знаходиться програма, а також стан виходу поточного кроку. Сім ЛІ в групі 6 (режим контролю) вказують, яка інформація виведена на чотирирозрядний ЦІ5. У табл. 4.4 наведено перелік і позначення параметрів у групі 6, які контролюють за ЦІ5.

Таблиця 4.4. Позначення і перелік параметрів, які контролюють за ЦІ

Режим контролю	Контрольований параметр
Z_1-Z_4	Довільні сигнали, призначення яких програмують.
$N_{ЭТ}$	Номер поточного стану і кроку, що виконується логічною програмою.
$\tau_{ш}$	Час, що залишився до закінчення контрольного часу поточного кроку.
ОП	Помилка програми, вказується номер сигналу, що вийшов за припустимі межі чи сприйняв неприпустимий стан

Контроль поточного стану програми за ЛІ групи 2 визначається згідно з табл. 4.5.

Стан виходу поточного кроку контролюється за ЛІ (вихід) 7. ПЛ також має 12 клавiш 8, за допомогою яких здійснюється оперативне керування логічною програмою. Загальний перелік команд оперативного керування наведено у табл. 4.6.

Лицьова панель БК-І, що розрахована на керування безперервно дискретними процесами, майже не відрізняється від панелі, зображеної на рис.4.5.

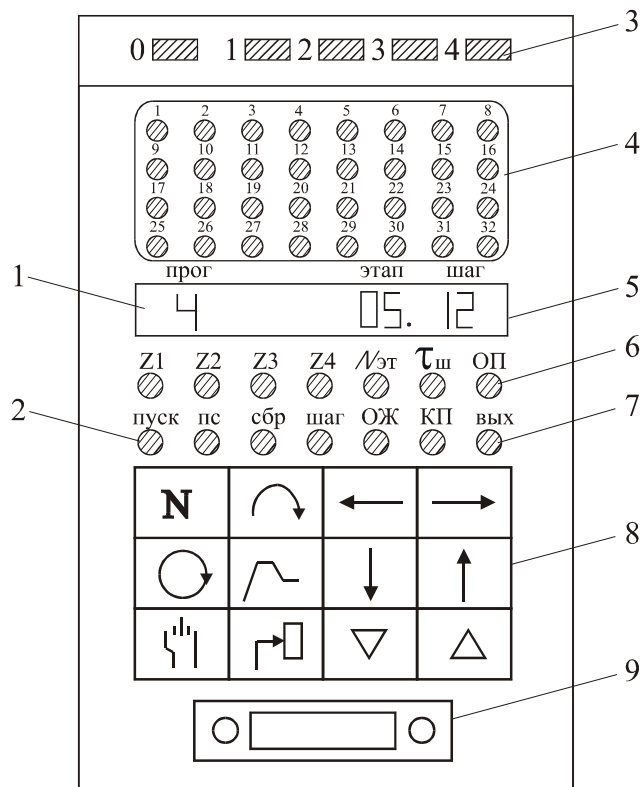


Рис. 4.5. Лицьова панель логічної моделі 02 блока БК-І: 1 – номер програми; 2 – стан програми; 3 – помилки; 4 – контроль дискретних сигналів; 5 – значення контрольованих параметрів; 6 – вид контролю; 7 – вихід; 8 – клавіатура; 9 – підключення пульту налаштування.

Ця панель призначена для оперативного керування контурами безперервного регулювання, позиційного регулювання, оперативного керування логічною програмою, а також для контролю за безперервними і дискретними сигналами.

Блок БК-І живиться від джерела напруги постійного струму 24 В. Діапазон усіх аналогових входів блока однаковий і дорівнює 0...2 В. Налаштування на входні сигнали, що змінюються в діапазонах 0...5, 4...20 мА чи 0... 10 В, забезпечується за допомогою нормуючих резисторів РН чи клемно-блокових з'єднувачів КБС. Вихідні аналогові сигнали БК-І є струмовими сигналами. Діапазон 0...5, 4...20 мА користувач вибирає програмно при налаштуванні блока на об'єкті. Блок має заводозахисні дискретні входи з пороговою напругою не менше 7 В.


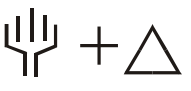
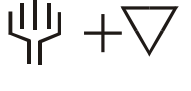

Таблиця 4.5. Стан програми в процесі її роботи

Стан	Робота програми
"Пуск"	Програма виконується послідовно крок за кроком
"Стоп"	Програма не виконується, виходи всіх кроків і таймери контрольного часу "заморожені"
"Сброс"	Програма не виконується, виходи всіх кроків занулені, після пуску програма починає виконуватися з першого кроку першого стану
"Шаг"	Виконується один крок програми, після чого програма переходить до початку наступного кроку і зупиняється
"Ожидание"	Те саме, що у стані "Стоп"
"Конец программы"	Виконано останній крок останнього стану, виходи всіх кроків "заморожені"

Таблиця 4.6. Команди оперативного керування логічною програмою

Клавіші	Команди	Стан, з якого виконується команда
N	Вибір номера програми	Будь-який
← →	Вибір режиму контролю	Будь-який
	Вибір стану	"Стоп"
	Вибір кроку	"Стоп"
	Пуск програми	"Стоп", "Сброс"
	Зупинка програми	<input checked="" type="checkbox"/> "Пуск", "Сброс", "Кінець програми"
	Скидання програми	"Стоп", "Очікування", "Кінець програми"

Закінчення табл.4.6

	Пуск одного кроку	"Стоп"
	Ручне вмикання виходу кроку і вихід із стану очікування	"Стоп", "Очікування "
	Ручне вмикання виходу кроку	"Стоп"
	Програмується команда	Будь-який

Дискретні виходи (транзисторний ключ) можуть працювати на індуктивне навантаження і захищені від короткого замикання. Аналогові входи, гальванічно ізольовані від усіх інших кіл. Аналогові входи зв'язані попарно в межах однієї групи, яка гальванічно ізольована від інших кіл. Дискретні входи зв'язані також у межах однієї групи, яка гальванічно ізольована від усіх інших кіл. Аналогічно організовані дискретні входи.

Пульт настроювання ПН-І підмикається до БК-І за допомогою кабелю, що закінчується вилкою роз'єму. Застосовується для технологічного програмування, тестування і настроювання БК будь-якої моделі. Після виконання вказаних операцій пульт відмикається. Пульт має спеціальний роз'єм, через який підмикають зовнішню програмуючу напругу (до 13,6 В) при записуванні інформації в ППЗУ. ПН-І, лицьову панель якого зображено на рис. 4.6, містить лампові (ЛИ), цифрові (ЦИ) індикатори і клавіатуру. ЛИ в групі 6 (помилки) сигналізують про помилки контролера чи неправильні дії оператора, в групі 7 (процедура) - про те, які параметри контролюються і змінюються за допомогою ПН-І, у групі 4 (режим) – про режим роботи контролера (програмування і робота), в групі 8 (стан) – про стан алгоритмів керування (індикація працює тільки в процедурі "ВИХІД"). ЦИ використовуються при контролі сигналів і параметрів, при програмуванні, тестуванні та ін. Шість клавіш 5 застосовуються для вибору режиму, процедур, параметрів, для зміни парамет-

рів, запускання тестів та ін. Про наявність зовнішньої програмуючої напруги при записуванні програми в ППЗУ сигналізують ЛІ "U_{ПР}"- Загальний перелік команд, що виконуються за допомогою ПН-І, наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7. Команди, що виконуються за допомогою ПН-І

Клавіші	Команди
↓ + →	Перехід у режим програмування
↓ + ←	Перехід у режим роботи
← , →	Вибір процедури
↑	Вибір потрібного параметра чи введення встановлених параметрів у пам'ять (тільки в режимі програмування)
Δ , ∇	Зміна параметра в бік "менше" чи "більше"
↓	Скидання (відміна) викликаних параметрів

У режимі програмування БК-І вимкнено із системи керування і можна змінювати всі параметри як контролера в цілому, так і алгоблоків. У режимі роботи можна контролювати сигнали і параметри, але жодні параметри, крім коефіцієнтів, за допомогою ПН-І змінювати неможливо. При переході з режиму програмування в режим роботи контури регулювання включаються в роботу безударно. Контролер має вісім процедур програмування, перелік яких наведено в табл. 4.8.

При тестуванні встановлюється код необхідного тесту і натисканням клавіші "↑" здійснюється запуск тесту. У процедурі "ПРИБ" (приладні параметри) задаються і контролюються параметри, загальні для всіх алгоблоків БК-1 (склад і версія бібліотеки алгоритмів, час циклу, часовий діапазон та ін.). У процедурі "СИСТ" (системні параметри) задаються параметри, що визначають взаємодії контролера з іншими пристроями по інтерфейсному каналу. У процедурі "АЛГ" (алгоритми) алгоблоки заповнюються алгоритмами. У загальному випадку для кожного алгоблока задаються три параметри: алгоритм, його модифікатор і масштаб часу. Якщо модифікатор чи ма-

сштаб часу відсутні, то поля на ЦИ, на які виводяться відповідні параметри, автоматично пропускаються. Після занулення алгоблоку можна заповнювати тільки підряд починаючи з першого алгоблоку. Якщо які-небудь алгоблоки необхідно зарезервувати для наступного розширення алгоритмічної структури, в них слід ввести алгоритм з кодом "00". Правила встановлення алгоритму наведено в табл. 4.9.

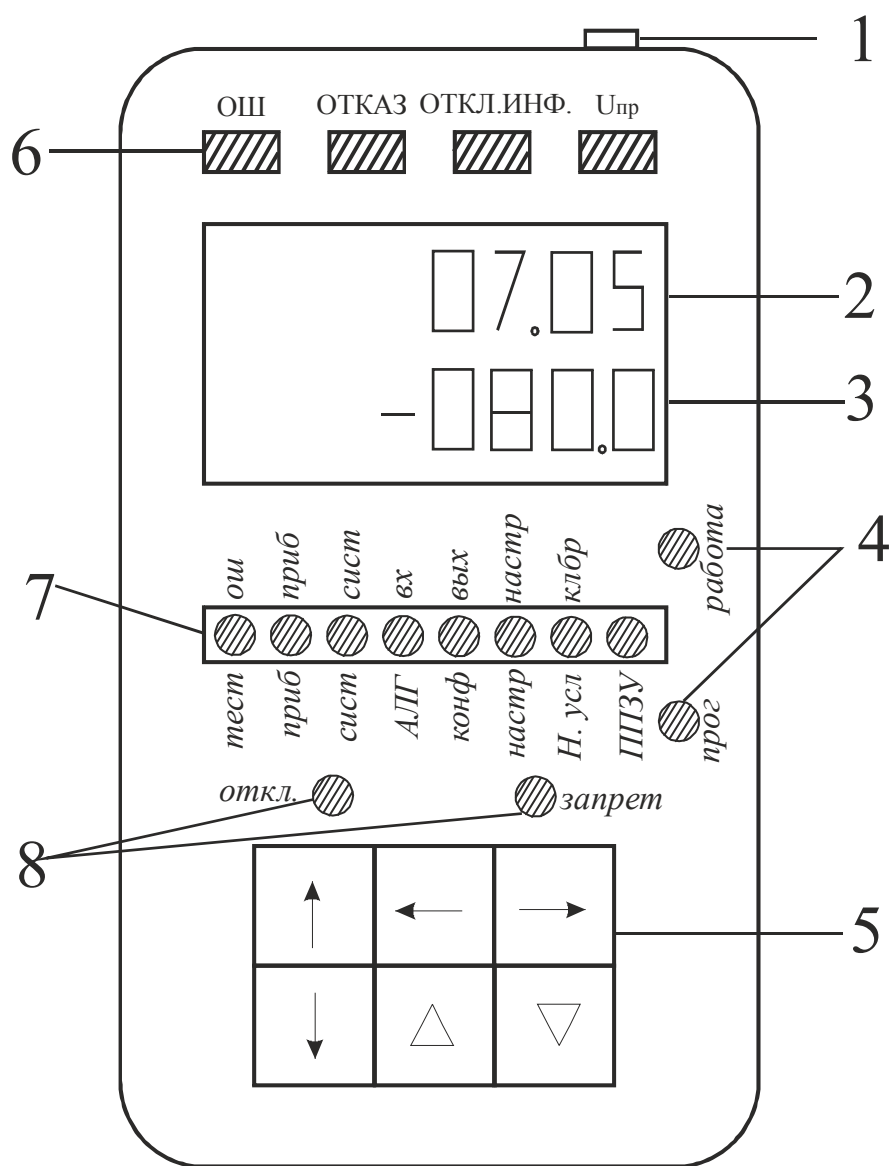


Рис.4.6. Лицьова панель ПН-1: 1 - роз'єм для зовнішньої напруги при записуванні в ППЗУ; 2 - верхній ЦИ; 3 - нижній ЦИ; 4 - режим; 5 - клавіатура; 6 - помилки; 7 - процедури; 8 - стан.

Таблиця 4.8. Процедури технологічного програмування

Процедури	Номер (код) операції	Найменування операції і параметри
1	2	3
Тестування	00	Комплексний тест ПЗУ і ОЗУ
	01-04	Тести мікросхем ПЗУ
	05-08	Тести мікросхем ОЗУ
	09-10	Тести мікросхем ППЗУ
	П-І2	Тести інтерфейсу
	І3	Тест сторожу циклу
	14	Тест пульта настроювання
	15	Тест лицьової панелі
	16-17	Тести ЦАП
	18-19	Тести ЦДП
Приладні параметри	00	Занулення
	01	Комплектність
	02	Заборона зміни структури та часовий діа-
	03	Час циклу
	04-05	Ресурс ОЗУ
	06	Вид бібліотеки
Системні параметри	00	Мережний номер
	01	Режим роботи інтерфейсного каналу
Алгоритм	-	Алгоритм, модифікатор, масштаб часу
Конфігурація	-	Джерело сигналу
Параметри настроювання	-	Константи та коефіцієнти
Початкові умови	-	Початкові умови на виходах алгоблоків
ППЗУ	00	Запис із ОЗУ в ППЗУ
	01	Відновлення інформації з ППЗУ до ОЗУ
	02	Регенерація ПЗУ і ППЗУ

Таблиця 4.9. Встановлення алгоритму

<i>Формат індикації</i>	<i>Параметри</i>				
<table border="1"> <tr> <td>N1</td> <td>N2</td> </tr> <tr> <td>N3</td> <td>N4</td> </tr> </table>	N1	N2	N3	N4	N1- 01-99 (номер алгоблоку) N2 (номер алгоритму) N3 (код модифікатора) N4 (масштаб часу)
N1	N2				
N3	N4				

Якщо N4 задається код 00 чи 01, то для молодшого часового діапазону масштаб часу визначається в секундах чи хвилинах, а для старшого – у хвилинах чи годинах. Слід пам'ятати, що зі зміною одного з параметрів алгоритму, що наведені в табл. 4.9, усі зв'язки для його входів і виходів мають бути відновлені.

У процедурі "КОНФ" (конфігурування) визначається стан кожного входу алгоблоків, який може бути зв'язаним і вільним. Зв'язаним вважається вхід, підімкнений до одного з виходів якого-небудь алгоблока. В іншому разі вхід вважається вільним. На вільному вході сигнал відіграє роль параметрів настроювання, які поділяються на дві групи: константи і коефіцієнти. Константи встановлює оператор тільки в режимі програмування, вони не можуть змінюватися в режимі роботи. Коефіцієнти можуть змінюватися в обох режимах. Конкретні значення параметрів настроювання на вільних входах встановлюються в процедурі "НАСТР" (настроювання). При конфігуруванні зв'язаних входів визначають також, чи надходить сигнал на даний вхід прямо чи інверсно. Для безперервних сигналів (аналогових, числових) інверсія означає зміну знака, для дискретних - зміну стану сигналу на протилежний (нуля на одиницю). Правила встановлювання процедури конфігурування наведено в табл. 4.10.

У процедурі "НАСТР" (настроювання) встановлюються значення параметрів настроювання - як констант, так і коефіцієнтів. Ця процедура виконується лише для тих входів алгоблока, які при конфігуруванні були визначені як вільні. Якщо параметри настроювання не задаються, вони набувають початкових значень, що залежать від

виду алгоритму. Правила встановлювання параметрів наведено в табл. 4.11.

У процедурі "Н.УСЛ. " (початкові умови) встановлюються значення сигналів на виходах алгоблоків, з якими алгоблоки почнуть працювати при переході в режим "Робота". Якщо початкові умови не задаються, то після першого вмикання БК вони набувають значень, що залежать від виду алгоритму. Здебільшого це нульові значення. Правила встановлення початкових умов наведено в табл. 4.12.

Таблиця 4.10. Правила конфігурування.

Стан входу	Формат індикації	Параметри					
Зв'язаний	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">N1</td> <td style="padding: 2px;">N2</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">C</td> <td style="padding: 2px;">N3</td> <td style="padding: 2px;">N4</td> </tr> </table>	N1	N2	C	N3	N4	N1 (номер алгоблока) N2 (номер входу алгоблока-приймача) N3=0 (номер алгоблока-джерела) N4 (номер виходу алгоблока-джерела) C (ознака інверсії) C="-" (інверсія)
N1	N2						
C	N3	N4					
Вільний	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">N1</td> <td style="padding: 2px;">N2</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">C</td> <td style="padding: 2px;">N3</td> <td style="padding: 2px;">N4</td> </tr> </table>	N1	N2	C	N3	N4	N1,N2,C (те саме, що і для зв'язаних входів) N3=00 (ознака вільного входу) N4 (вид параметра настроювання) N4=00 (константа) N4=01 (коефіцієнт)
N1	N2						
C	N3	N4					

Таблиця 4.11. Правила встановлювання параметрів настроювання.

Формат індикації	Параметри			
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">N1</td> <td style="padding: 2px;">N2</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">X</td> </tr> </table>	N1	N2	X	N1 (номер алгоблока) N2 (номер виходу) X (значення сигналу на виході - початкові умови)
N1	N2			
X				

Таблиця 4.12. Правила встановлення початкових умов.

Формат індикації	Параметри				
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">N1</td> <td style="padding: 2px 10px;">N2</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; padding: 10px 0;">X</td> </tr> </table>	N1	N2	X		<p>N1 (номер алгоблока) N2 (номер виходу) X (значення сигналу на виході - початкові умови)</p>
N1	N2				
X					

У процедурі "ППЗУ" (операції з пам'яттю) інформація в ППЗУ записується після того, як програма, що знаходиться в ОЗУ, повністю відлагоджена. Перед записуванням ППЗУ повинно бути стерте. Відновлення інформації в ОЗУ, попередньо записаної в ППЗУ, виконується при збої ОЗУ чи повній втраті інформації в ОЗУ. Регенерація ПЗУ і ППЗУ виконується один раз за 1,5-2 роки. Це необхідно для усунення втрати інформації в ПЗУ і ППЗУ. Час записування в ППЗУ не перевищує 5 хв, регенерації ППЗУ - 7 хв, а ПЗУ - 30 хв.

У режимі "ПРОГ" за допомогою ПН-І контролюються помилки оператора. При помилкових діях засвічується ЛІ "ОШ" і на ЦІ з'являється код помилки.

Процедура "КЛБР" застосовується з метою встановлення значення коефіцієнта на вільних входах відповідно до потрібного значення якого-небудь вихідного сигналу.

Блок живлення БП-1 підмикається до промислової мережі змінного струму і виробляє дві нестабілізовані напруги 24 В постійного струму, які використовуються для живлення блока контролера, кіл дискретного входу і виходу, аналогового виходу, інтерфейсних кіл, аварійного виходу БК, підсилювачів для термопар і термоопорів, блока шлюзу.

Підсилювач для термопар БУТ – 10 забезпечує перетворення сигналу термопар в струмовий сигнал (0...5 мА), компенсацію зміни температури вільних кінців термопар, зміщення нуля і зміни діапазону вхідного сигналу. Один підсилювач містить два незалежних канали підсилення, розраховані на однакову термопару. Вхід і вихід кожного каналу гальванічно ізольовані один від одного і від БП-1.

Підсилювач термоопорів БУС – 10 призначений для перетво-

рювання сигналів термоопорів чи інших резистивних датчиків у струмовий сигнал (0...5) мА, забезпечення живлення датчиків постійним стабілізованим струмом, зміщення нуля і вимірювання діапазону вхідного. Кількість каналів і гальванічна ізоляція аналогічні блоку БУТ.

Підсилювач потужності БУМ-10 містить чотири сильнострумових реле РПГ-8, нормально відкриті контакти якого можуть комутувати змінну напругу до 220 В при струмі до 2 А. Кожне з чотирьох реле може управлятися як незалежно, так і одночасно з іншими, є можливість групової заборони на перемикання. Обмотки реле підмикаються до дискретних виходів БК, а їх живлення здійснюється блоком БП-І. Вихідні контакти реле електрично попарно зв'язані, але гальванічно ізольовані від інших кіл.

Блок перемикання БПР-10 містить вісім слабкострумових реле типу РЭС54А, перекидні контакти яких можуть використовуватися в колах перемикання, захисту, сигналізації, блокування та ін. Організація керування і живлення реле аналогічна блоку БУМ.

Блок шлюзу БШ-1 є з'єднувальною ланкою між мережею "Транзит", що об'єднує кілька БК, і засобами верхнього рівня керування (наприклад, ЕОМ). Для зв'язку з ЕОМ використовується інтерфейс ИРПС. Зв'язок виконується за допомогою двох пар витих проводів. БШ є мікропроцесорним пристроєм, низка параметрів якого програмується за допомогою пульта ПН-І. Конструкція БШ аналогічна блоку БК, однак відсутні органи оперативного керування. До складу однієї мережі "Транзит" можуть входити кілька блоків БШ.

Блок стирання БСТ-1 застосовується для стирання ППЗУ. Для цього модуль ПРЦ 10 виймається з БК і вставляється в блок БСТ, що має вмонтоване джерело стабілізованої напруги, яка може змінюватися. Її вказують у супроводжувальній документації.

Резистори нормуючи РН-1 застосовуються для перетворення сигналів 0...5,4 (0) - 20 мА і 0...10 В у сигнал 0...2 В. Ці резистори монтуються безпосередньо на клемних збірках, до яких підмикають з одного боку кабельні зв'язки від датчиків чи підсилювачів (БУТ,

БУС), з іншого - аналогові входи блока БК. Резистори використовуються лише в тому разі, коли відсутні клемно-блокові з'єднувачі КБС-3. Тип резистора (РН-І/05, РН-І/20, РН-І/10) залежить від виду вхідного сигналу, а число - від кількості аналогових входів БК.

Міжблоковий з'єднувач МБС застосовується для зв'язку приладних кіл БК з БП. МБС являє собою відрізок кабелю, що закінчується з обох боків вилками роз'єму РП-І5.

Клемно-блоковий з'єднувач КБС-І також являє собою відрізок кабелю, на одному боці якого змонтовано вилку роз'єму РПІ5-9, а на іншому - однорядну клемну колодку на 8 клем. Застосовується для підмикання до блоків БП, БУС, БУТ, БУМ, що мають гніздо роз'єму РПІ5-9.

Клемно-блоковий з'єднувач КБС-2 за конструкцією аналогічний КБС-І, але має вилку роз'єму РПІ5-23 і трирядну клемну колодку на 24 клеми. Призначений для підмикання до блоків БК, БПР, що мають гніздо роз'єму РПІ5-23 (дискретні входи-виходи).

Клемно-блоковий з'єднувач КБС-3 аналогічний КБС-2, однак трирядна клемна колодка містить 24 клеми з розпаяними на її внутрішньому боці резисторами РН-І. Застосовується для підмикання вхідних і вихідних аналогових ланцюгів БК з метою перетворення вхідних сигналів у сигнал 0...2 В.

Клемно-блоковий з'єднувач КБС-0 аналогічний за конструкцією КБС-1, але не має кабелю і застосовується для розмноження кіл.

Бібліотека алгоритмів контролера дозволяє розв'язувати складні завдання автоматичного регулювання і логіко – програмного керування. Взагалі бібліотечний алгоритм має свої входи, виходи і функціональне ядро. Входи алгоритму бувають сигнальними і настроюваними. Сигнали, що надходять на сигнальні входи алгоритму, обробляються їм відповідно до призначення алгоритму, а сигнали, що надходять на настроювані входи, керують параметрами настроювання алгоритму. Сигнальні й настроювані входи мають цілком однакову можливість конфігурування. Кількість входів і виходів алгоритму не фіксована і визначається його видом. Однак кількість вхо-

дів не перевищує 99, а кількість виходів - 24. У частинному випадку алгоритм може не мати входів чи виходів. Для алгоритмів, що утворюють групу зв'язкових алгоритмів (уводу-виводу, прийому-передачі, оперативного керування) І мають неявні входи і виходи, відсутня можливість конфігурування. Неявні входи і виходи на функціональних схемах показують пунктиром. Усі явні входи алгоритму мають крізну нумерацію від 01 до 99, виходи – від 01 до 24. У кожному конкретному алгоритмі число входів і виходів може бути менше від вказаного максимального значення.

У загальному випадку бібліотечний алгоритм на схемах має три реквізити (параметри): бібліотечний номер (код), модифікатор і масштаб часу (МВ). Бібліотечний номер являє собою двозначне десяткове число і є основним параметром, що характеризує властивість алгоритму. Модифікатор задає додаткові властивості алгоритму. Звичайно модифікатор задає число одностипових операцій, які може виконувати один алгоритм. Ряд алгоритмів модифікатора не мають. Масштаб часу мають такі алгоритми, робота яких пов'язана з реальним часом (таймер, програмний задавач, регулювання та ін.). Бібліотечні алгоритми зберігаються в бібліотеці і самі по собі жодної функції не виконують. Для того щоб він включився в роботу його потрібно помістити в один із алгоблоків при проведенні технологічного програмування. При цьому існують два правила: будь - який алгоритм можна вміщувати в будь – який (за номером) алгоблок; один і той самий алгоритм можна вміщувати в різні алгоблоки.

Діапазон зміни сигналів і параметрів настроювання для більшості алгоритмів (алгоблоків) однаковий. Повний перелік цих сигналів наведено в табл.4.13.

Бібліотеку утворюють такі групи алгоритмів: лицьової панелі, вводу – виводу, регулювання, динамічних, статичних і аналого – дискретних перетворювань, логічних операцій, дискретного та групового безперервно – дискретного керування. Далі розглянуто послідовно основні алгоритми, що найчастіше використовуються при побудові АСР.

Алгоритм ОКО (код ОІ) - оперативний контроль регулювання використовується в складі регулювальної моделі Р-ІЗО і звичайно в поєднанні з алгоритмами ЗДН, ЗДЛ, РУЧ, РАН, РИМ. Алгоритм ОКО вміщують тільки в алгоблоки з номерами від І до 4. Номер алгоблока, у який вміщено алгоритм ОКО, визначає номер контуру. Алгоритм має модифікатор $m = 0 \dots 15$, який визначає вид регулятора в складі АСР. Перелік модифікацій із зазначенням виду регулятора наведено в табл. 4.14.

Якщо який-небудь із режимів завдання чи каскадного регулювання не передбачається, то перемикання в ці режими блокуються.

Таблиця 4.13. Види сигналів і параметрів з діапазоном їх зміни

Вид сигналу чи параметра	Позначення	Розмірність	Діапазон зміни
Аналоговий вхідний і вихідний	X;Y	%	-199,9...199,9
Часовий (постійна часу, інтервал часу)	T	с, хв, год	0...819 і ∞
Числовий	N	-	-8191...8191
Дискретний вхідний і вихідний	C,D	-	0 чи 1
Масштабний коефіцієнт	K_M	-	-15,99...15,99
Коефіцієнт пропорційності	K_P	-	-127,9...127,9
Швидкість зміни	V	%/с; %/хв; %/год	0...199,9 і ∞
Тривалість імпульсу	$T_{имп}$	с	0,12...3,84
Технічні одиниці	W		-1999...8191

Алгоритм ОКО має 10 чи 15 входів. Якщо $m \leq 7$, є 10 входів при $m \geq 8$ є 15 входів. Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 4.7.

Вхід $X_{зДН}$ визначає сигнал, що є сигналом поточного завдання, і виводиться на цифровий індикатор "задание" БК. Звичайно цей вхід підмикається до основного виходу алгоритму ЗДН.

	Код	$m = 00-15$	МВ відсутній
$X_{зДН}$	01		
$X_{ВХ}$	02	Керування завданням і індикація завдання, входу, розузгодження стандартного чи ведучого регуляторів в каскадному режимі	
W_0	03		
W_{100}	04		
X_{ϵ}	05		
$X_{руч}$	06	Ручне керування і індикація виходу, довільного параметра та помилки	
$X_{вр}$	07		
Z	08		
N_z	09		
$N_{ок}$	10		

$X_{зДН}$	11	Керування завданням і індикація завдання входу, розузгодження веденого регулятора в локальному режимі (тільки при $m \geq 8$)	
$X_{ВХ.Л}$	12		
$W_{0.Л}$	13		
$W_{100.Л}$	14		
$X_{\epsilon.Л}$	15		

Рис.4.7. Функціональна схема алгоритму ОКО.

Вхід $X_{ВХ}$ визначає сигнал, що є вхідним (регульованим параметром) і виводиться на цифровий індикатор у позиції "ВХ". Звичайно цей вхід підмикається до одного із виходів алгоритму вводу аналогового ВАА чи ВАБ. Вхід X_{ϵ} визначає сигнал розузгодження і виводиться на цифровий індикатор контролю в позиції "ВХ". Звичайно цей вхід підмикається до виходу Y_{ϵ} алгоритмів РАН чи РИМ. Входи W_0 і W_{100} - настроювані. Ці входи задають технічні одиниці, що індицирують сигнал завдання, вхідний сигнал і сигнал розузгодження (одні й ті самі одиниці вимірювання для всіх трьох параметрів).

Вхід W_0 задає значення, що відповідає 0% аналогового сигналу, вхід W_{100} - значення, що відповідає 100% сигналу. Поточне значення $W_{\text{инд}}$ сигналів $X_{\text{здн}}$, $X_{\text{вх}}$ і $X_{\text{ε}}$, що виражені в процентах, визначається за формулою:

$$W_{\text{инд}} = W_0 + \frac{W_{100} - W_0}{100} X. \quad (4.2)$$

Таблиця 4.14. Перелік модифікацій алгоритму

Вид регулятора (АСР)	Режим		Модифікатор
	Зовнішнього завдання (ВНШ)	Дистанцій- ного керу- вання (ДСТ)	
Звичайний аналого- вий	-	-	00
	-	+	01
	+	-	02
	+	+	03
Звичайний імпульс- ний	-	-	04
	-	+	05
	+	-	06
	+	+	07
Каскадний аналого- вий	-	-	08
	-	+	09
	+	-	10
	+	+	11
Каскадний імпульс- ний	-	-	12
	-	+	13
	+	-	14
	+	+	15

Вхід $X_{\text{руч}}$ підмикається до основного виходу алгоритму ручного керування РУЧ. На вхід $X_{\text{вр}}$ (вихід регулятора) подається сигнал керуючого впливу. На вхід Z подається будь-який (за вибором) сиг-

нал, який необхідно індицирувати при оперативному керуванні. Тип сигналу задається на настроюваному вході Nz згідно з табл. 4.15.

Вхід N_{OK} (помилка контуру) використовується, якщо необхідно проконтролювати вихід одного чи кількох сигналів за припустимий діапазон. Якщо $N_{OK} > 0$, то на лицьовій панелі БК засвічується один із лампових індикаторів "1-4" у зоні "ошибки", що відповідає номеру контуру регулювання, який обслуговується алгоритмом ОКО. Вхід N_{OK} звичайно з'єднується з виходом алгоритму порогового контролю ПОК. У цьому разі за цифровим індикатором вибіркового контролю БК у позиції "ОК" (помилка контуру) можна визначати номер сигналу, що вийшов за припустимі межі. Якщо $N_{OK}=0$, то ламповий індикатор БК ("ошибка") не засвічується.

Усі перелічені входи (від 01 до 10) задають параметри оперативного керування як звичайного регулятора, так і каскадного. В останньому випадку входи 01-05 визначають параметри ведучого регулятора в каскадній схемі, а входи 06-10 параметри регулятора в цілому. Можливості керування каскадної АСР у локальному режимі (ведений контур) визначаються сигналами, що подаються на входи 11-15.

Таблиця 4.15. Позначення типу сигналу

Вхід Nz	Тип сигналу
0	Дискретний
1	Час, молодший масштаб
2	Час, старший масштаб
3	Швидкість, молодший масштаб
4	Швидкість, старший масштаб
5	Час імпульсу
6	Масштабний коефіцієнт
7	Коефіцієнт пропорційності
8	Аналоговий
9	Числовий

Усі перелічені входи (від 01 до 10) задають параметри оперативного керування як звичайного регулятора, так і каскадного. В останньому випадку входи 01-05 визначають параметри ведучого регулятора в каскадній схемі, а входи 06-10 параметри регулятора в цілому. Можливості керування каскадної АСР у локальному режимі (ведений контур) визначаються сигналами, що подаються на входи 11-15.

Вхід Хзд звичайно з'єднують з основним виходом алгоритму локального задавача ЗДЛ. У цьому випадку сигнал локального завдання в режимі ЛУ контролюється за цифровим індикатором "задание". Входи Хвх.л і Хл задають відповідно сигнали, що контролюються за цифровим індикатором вибіркового контролю БК у позиції "ВХ" і "ε" при ЛУ. Призначення входів W і W таке саме, як і входів W_0 і W_{100} .

Таким чином, алгоритм ОКО визначає, які сигнали будуть виведені на індикатори лицьової панелі БК і в яких технічних одиницях сигнали (завдання, вхід і розузгодження) будуть індицируватися.

Алгоритм ВИН (код 05) – увід інтерфейсний – застосовується прийому сигналів, що надходять на вхід РІЗ0 інтерфейсного каналу. Один алгоритм ВИН організує зв'язок з одним абонентом-джерелом. Якщо необхідний зв'язок з кількома абонентами-джерелами, в контролері використовуються кілька алгоритмів ВИН. Зокрема, алгоритм ВИН застосовується при вмиканні РІЗ0 у кільцеву локальну мережу "Транзит". Для прийому через інтерфейсний канал команд оперативного керування від засобів верхнього рівня алгоритм ВИН не потрібно використовувати. Алгоритм ВИН виділяє з кількох сигналів N_i абонента-джерела необхідні (за номером) сигнали і розміщує їх на своїх виходах Y_1, \dots, Y_m (при $m=0\dots 21$). Виділені на виходах Y_i сигнали обробляються потім іншими алгоритмами, що зв'язані за конфігурацією з алгоритмами ВИН. На рис. 4.8 зображено функціональну схему даного алгоритму.

Номер необхідного сигналу абонента-джерела, що виділяється на виході Y_i , задається при настроюванні на вході N_i алгоритму.

Наприклад, якщо на виходах Y_1, Y_2 і Y_3 мають бути виділені сигнали третього абонента-джерела, що мають номери відповідно 5, 12 і 2, то встановлюються параметри $N_{уст} = 3, N_1=5, N_2=12, N_3=2$. Для того щоб зв'язатися з іншим абонентом-джерелом, застосовують інший алгоритм ВИН, у якого при налаштуванні встановлюється потрібне значення $N_{уст}$.

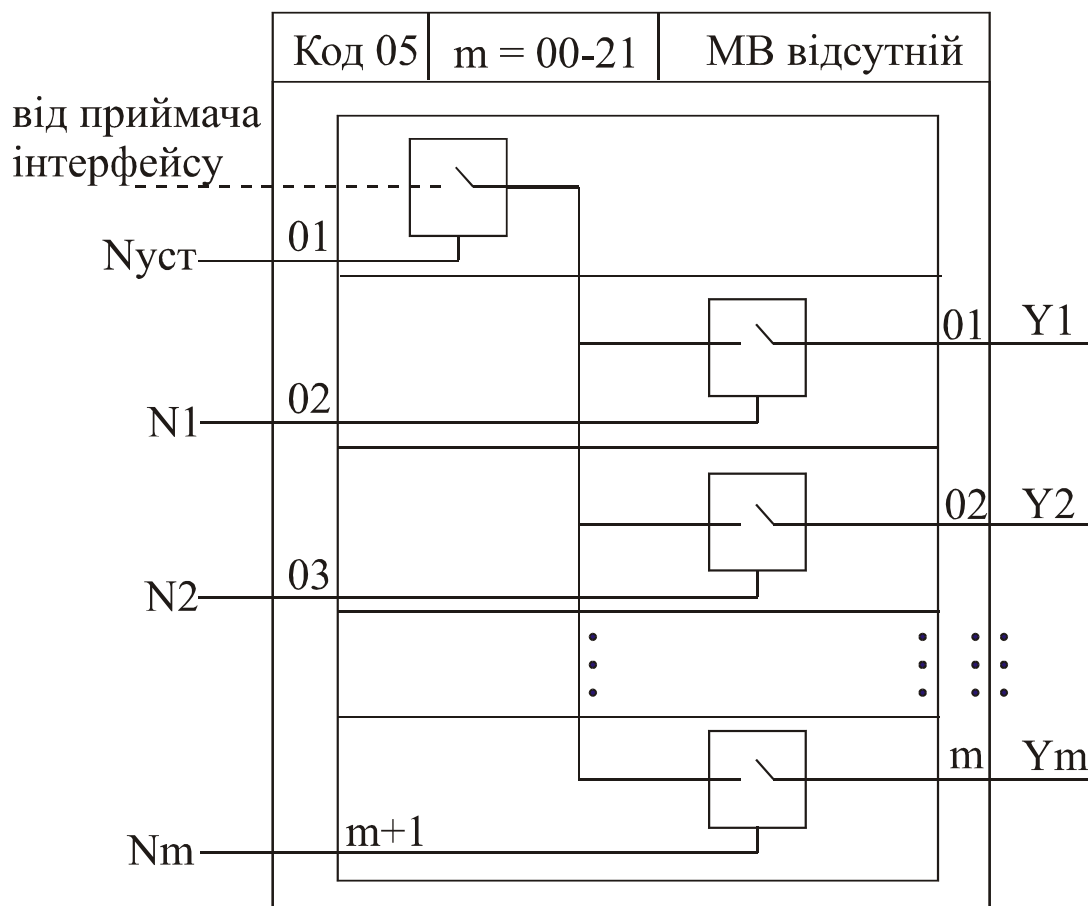


Рис.4.8. Функціональна схема алгоритму ВИН.

Алгоритм ИНВ (код 06) - інтерфейсний вивід - застосовується для передачі яких-небудь сигналів через канал інтерфейсу. На рис. 4.9 зображено функціональну схему алгоритму.

Сигнали, які необхідно передати через інтерфейс, попередньо потрібно сформувати на входах X_i алгоритму за допомогою конфігурування. Число сигналів $m = 0...30$, що передаються також задається модифікатором. В інформаційному пакеті що передається через інтерфейс, сигналам приписуються номери, які дорівнюють номерам

відповідних входів X_i .

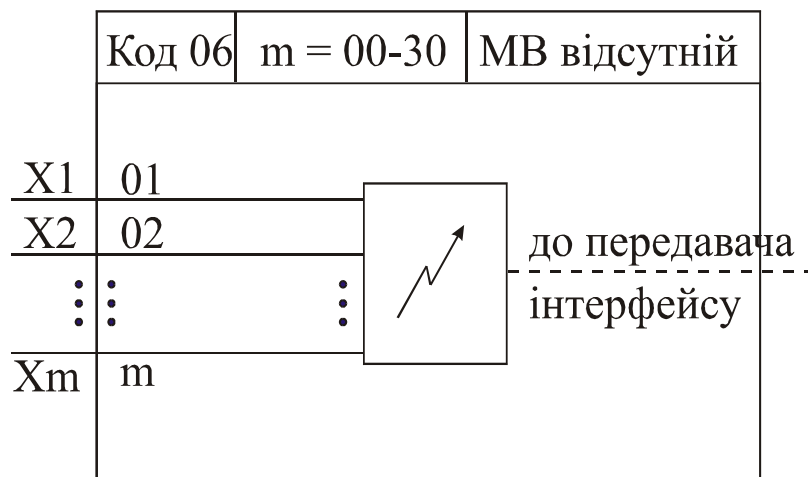


Рис.4.9. Функціональна схема алгоритму ИНВ.

Так, сигнал на вході X_i дістає номер 1, сигнал на вході X_2 - номер 2 і т.д. Увесь пакет отримує номер джерела, що дорівнює системному номеру контролера, який встановлюється в процесі його програмування. На вхід X_i можуть надходити як аналогові, так і дискретні сигнали в будь-якому сполученні. Число дискретних сигналів, що передаються, можна підвищити за допомогою алгоритму шифрації ШИФ. У цьому разі в рамках одного сигналу, що передається, можна передати до 13 дискретних сигналів. Таким чином, кількість дискретних сигналів, що передаються при їх пакуванні, можна підвищити до 390. На прийомному боці спакзовані дискретні сигнали мають бути розпаковані за допомогою алгоритму дешифрації ДЕШ. В одному контролері використовується лише один алгоритм ИНВ.

Алгоритми ВАА (код 07) і ВАБ (код 08) – увід аналогових груп А і Б які застосовуються для зв'язку функціональних алгоритмів з апаратними засобами аналогового входу (з АЦП). Кожний алгоритм вхідної групи А чи Б обслуговує до восьми аналогових входів.

Число незалежних каналів ($m = 0...8$) задається модифікатором. На рис. 4.10 зображено функціональну схему алгоритму ВАА (ВАБ)

Кожний канал зв'язаний з відповідним (за номером) аналоговим входом контролера. Цей зв'язок утворюється автоматично, як тільки алгоритм ВАА (ВАБ) буде введений в один із алгоблоків кон-

тролера. До вхідного аналогового сигналу додається сигнал зміщення $X_{см.i}$, а здобутий результат множиться на коефіцієнт $K_{м.і}$. Ці операції дають змогу компенсувати зміщення нуля та діапазону як АЦП, так і датчика, підключеного до контролера. Таким чином, вихідний сигнал каналу Y_i (визначається рівнянням)

$$Y_i = (X_{ан.вх.i} + X_{см.i}) K_{м.i}, \quad (4.3)$$

де $X_{ан.вх.i}$ – аналоговий вхідний сигнал, що надходить від АЦП на i -й канал (якщо корекція не потрібна, то $Y_i = X_{ан.вх.i}$.)

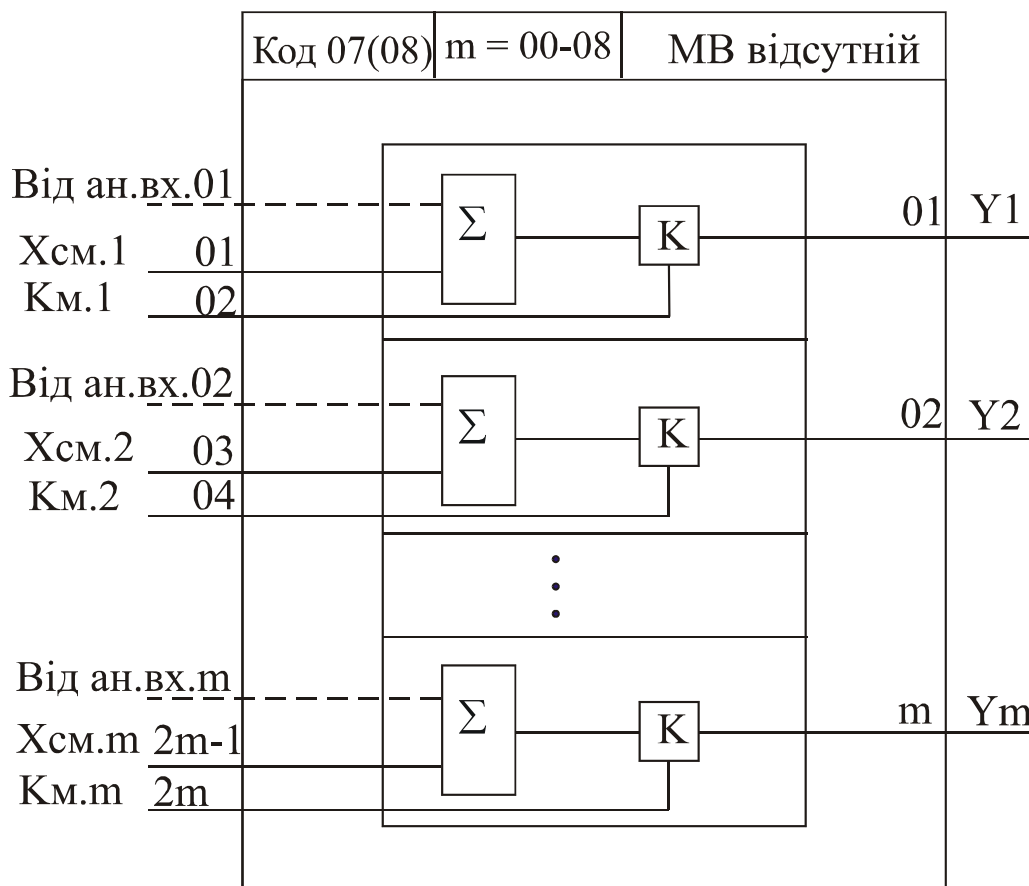


Рис. 4.10. Функціональна схема алгоритму ВАА (ВАБ).

Алгоритми АВА (код 11), і АВБ (код 12) – аналоговий вивід груп А і Б – застосовуються для зв'язку функціональних алгоритмів з апаратними засобами аналогового виводу (з ЦАП), Кожний алгоритм вихідної групи А чи Б обслуговує до двох аналогових виходів.

Число незалежних каналів ($m = 0..2$) задається модифікатором. На рис. 4.11 зображено функціональну схему алгоритму АВА (АВБ).

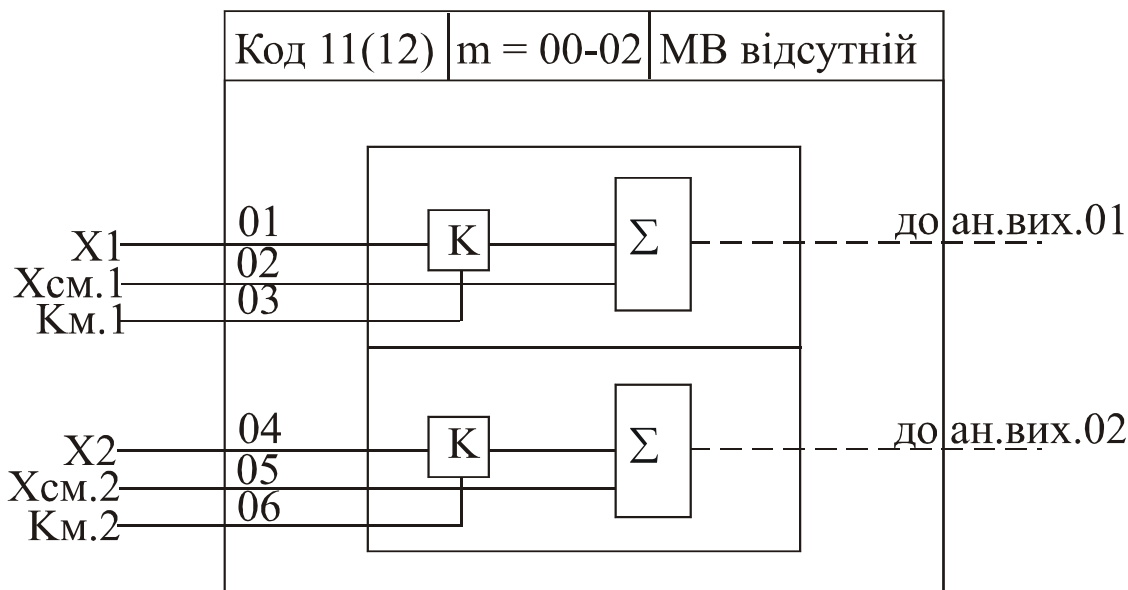


Рис. 4.11. Функціональна схема алгоритму АВА (АВБ).

Кожний канал зв'язаний з відповідним (за номером) аналоговим виходом контролера. Цей зв'язок утворюється автоматично, як тільки алгоритм АВА (АВБ) уводиться в один із алгоблоків контролера. Вихідний сигнал (на виході ЦАП) $Y_{ан.вих. i}$ визначається рівнянням

$$Y_{ан.вих. i} = X_i * K_{m_i} + X_{см. i}, \quad (4.4)$$

де X_i - вхідний сигнал алгоритму.

Операція множення X_i , на масштабний коефіцієнт K_{m_i} і введення зміщення $X_{см. i}$ дають змогу компенсувати зміщення діапазону і нуля ЦАП.

Алгоритм ИВА (код 15) і ИВБ (16) - імпульсний вивід груп А і Б - застосовуються для реалізації схем АСР з виконавчими механізмами постійної швидкості. Алгоритми перетворюють сигнали, сформовані алгоблоками з алгоритмами імпульсного регулювання РИМ, у послідовність імпульсів змінної шпаруватості. Алгоритм видає послідовність зазначених імпульсів на засоби дискретного виходу кон-

тролера. На рис. 4.12 зображено функціональну схему алгоритму ИВА (ИВБ).

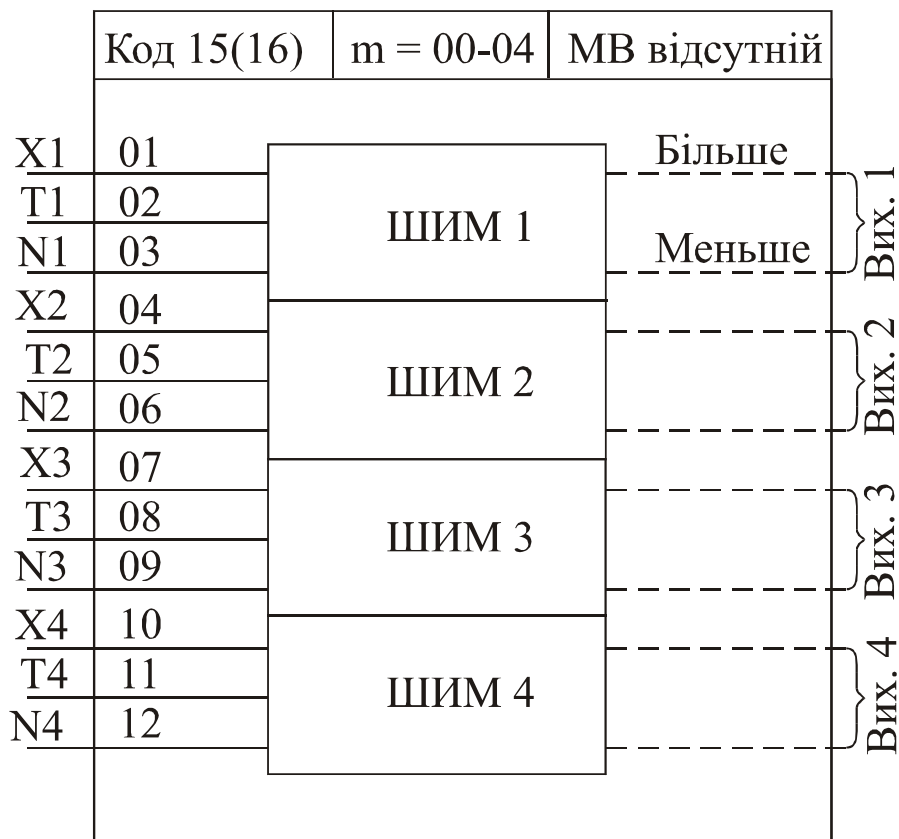


Рис. 4.12. Функціональна схема алгоритму ИВА (ИВБ)

Алгоритм містить чотири канали зв'язку, число яких задається модифікатором. Якщо імпульсний вихід використовується як у групі А, так і в групі Б, то загальне число імпульсних виходів не може перевищувати чотирьох. Кожний незалежний канал містить широтно-імпульсний модулятор (ШИМ), що перетворює вхідний сигнал X_i у послідовність імпульсів, шпаруватість яких визначається за формулою

$$Q = |X_i| / 100\%. \quad (4.5)$$

При $|X| > 100\%$ величина $Q = 1$. Якщо $X_i > 0$, то імпульси формуються у вихідному колі "більше", а якщо $X_i < 0$ - у колі "менше".

При $X_i = 0$ вихідний сигнал дорівнює нулю. Параметр T_i задає мінімальну тривалість вихідних імпульсів ($T_i = 0,12 \dots 3,84$ с). Параметр N_i визначає, до якого контуру АСР віднесений цей канал алгоритму ИВА (ИВБ). Цей параметр задається в разі необхідності синхронного засвічування лампових індикаторів ПД (більше, менше) з формуванням вихідних імпульсів. Наприклад, якщо встановлено параметр N_1 , то при роботі ШИМ1 на ПЛ контролера будуть засвічуватись індикатори при виклику першого контуру.

Алгоритм ВДА (код 09) і ВДБ (код 10) - увід дискретних груп А і Б - застосовуються для зв'язку функціональних алгоритмів з апаратними засобами дискретного вводу (з ДЦП). Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 4.13.

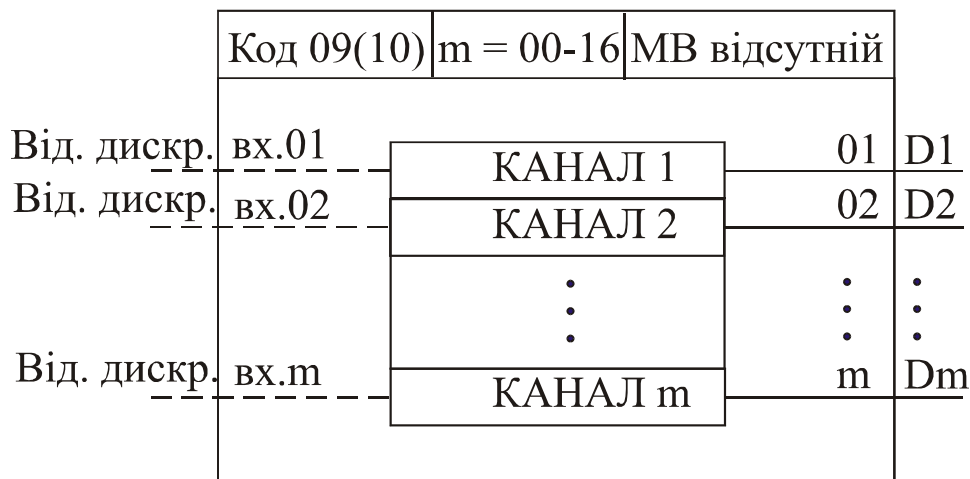


Рис. 4.13. Функціональна схема алгоритму ВДА (ВДБ).

Алгоритм містить 16 ідентичних незалежних каналів, число яких задається модифікатором. Якщо напруга на i -му дискретному вході контролера дорівнює нулю, то сигнал на i -му виході алгоритму ВДА (ВДБ) $D_i = 0$. Якщо на i -й дискретний вхід контролера подано напругу 24 В, то сигнал на i -му виході набуває значення $D_i = 1$.

Алгоритми ДВА (код 13) і ДВБ (код 14) - дискретний вивід груп А і Б - застосовуються для зв'язку функціональних алгоритмів з

апаратними засобами дискретного виводу (з ЦДП). Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 4.14.

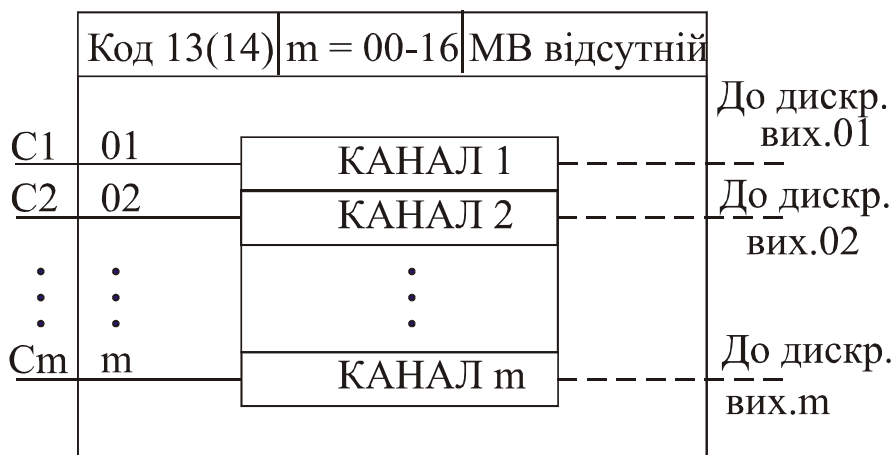


Рис.4.14. Функціональна схема алгоритму ДВА (ДВБ).

Алгоритм містить 16 незалежних ідентичних каналів, число яких задається модифікатором. Якщо на i -й вхід алгоритму надходить сигнал $C_i=0$, то контакти i -го дискретного виходу розімкнені. Якщо $C_i=1$, то контакти i -го дискретного виходу замикаються.

Алгоритм АВР (код 17) - аварійний вивід - дозволяє алгоритмічними засобами сформувати два незалежних сигнали на аварійних виходах контролера: на виході "відказ" і на виході "відімкнення інтерфейсу". Застосовується в тому разі, якщо будь-яка ситуація в об'єкті має розглядатись як аварійна, и також для блокування зв'язку контролера з абонентами по інтерфейсному каналу.

Крім того, алгоритм дає змогу виявити коротке замикання на дискретних чи імпульсних виходах контролера і ситуацію пов'язану з помилками в контролері. Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 4.15

Якщо на вхід відмови надходить сигнал $C_{отк}=1$, то на аварійному виході контролера формується сигнал відмови. Сигнал відмови, що формується алгоритмом, за схемою "АБО" об'єднується із сигналом відмови, сформованим засобами самодіагностики контролера. При наявності сигналу відмови формується також сигнал "відімкнення інтерфейсу". Якщо на вхід "відімкнення інтерфейсу" надхо-

дить сигнал Синт=1, то на аварійному виході формується сигнал "відімкнення інтерфейсу ". Алгоритм має також три дискретних виходи.

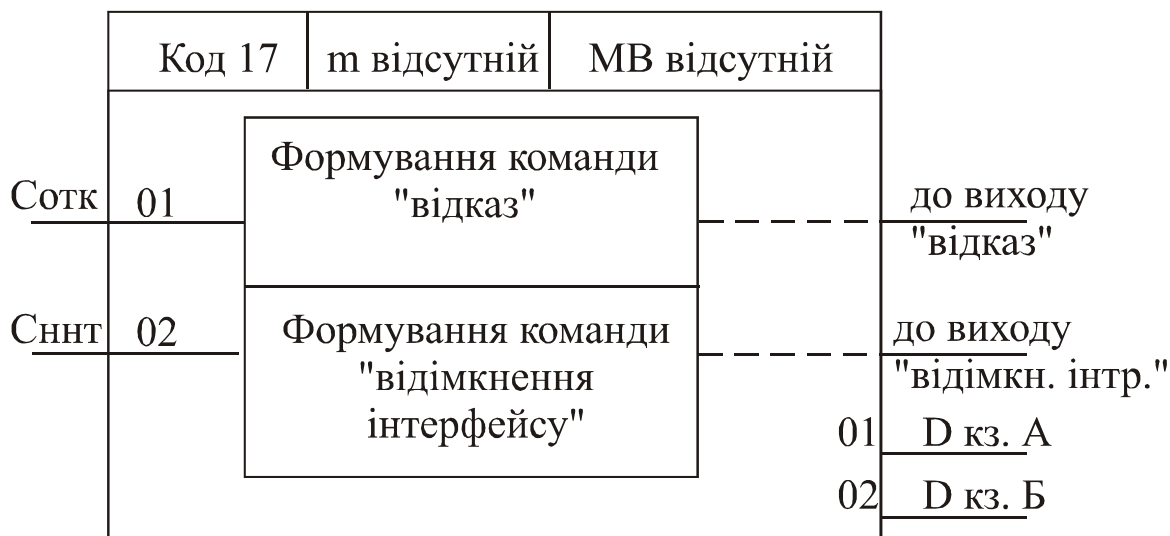


Рис. 4.15 Функціональна схема алгоритму АВР.

Два з них (Дкз.а ,Дкз.б) свідчать про наявність короткого замикання на дискретних чи імпульсних виходах контролера. При наявності короткого замикання, наприклад, на виході в групі А, сигнал Дкз.а = 1, в противному разі Дкз.а = 0. На третьому виході (Дош) формується сигнал "помилки" (несправності) в контролері. При Дош = 1 помилка є. Цей вихід за конфігурацією можна зв'язати із входом алгоритму ИНВ, що дасть змогу передати інформацію про наявність помилки через інтерфейсний канал.

Алгоритм РАН (код 20) - регулювання аналогове - застосовується при побудові ПД-регулятора, що має аналоговий вихід. Додатково в алгоритмі можна обчислювати сигнал розузгодження, здійснювати його фільтрацію, вводити зону нечутливості і обмежувати вихідний сигнал за максимумом чи мінімумом. В алгоритмі є вузол настроювання, що дозволяє за допомогою алгоритму АНР автоматично змінювати параметри настроювання. Функціональна схема алгоритму, зображена на рис 4.16, містить кілька ланок.

Ланка розузгодження формує сигнал

$$\varepsilon = X_1 - K_m X_2, \quad (4.6)$$

де X_1 - немасштабований вхідний сигнал; K_m - масштабний коефіцієнт; X_2 - масштабований вхідний сигнал.

Вхідний сигнал X_2 перед суматором попередньо фільтрується та інвертується. При цьому фільтр реалізується рівнянням першого порядку зі сталою часу T_f . Ланка нечутливості із зоною ε_z не пропускає на свій вихід сигнали, значення яких знаходяться всередині встановленого значення цієї зони. Сигнал ε_z на виході цієї ланки визначається виразами

$$\begin{aligned} \varepsilon_z &= 0 \text{ при } |\varepsilon| < X\Delta/2, \\ \varepsilon_z &= (|\varepsilon| - X\Delta/2) \text{sign} \varepsilon \text{ при } |\varepsilon| > X\Delta/2 \end{aligned} \quad (4.7)$$

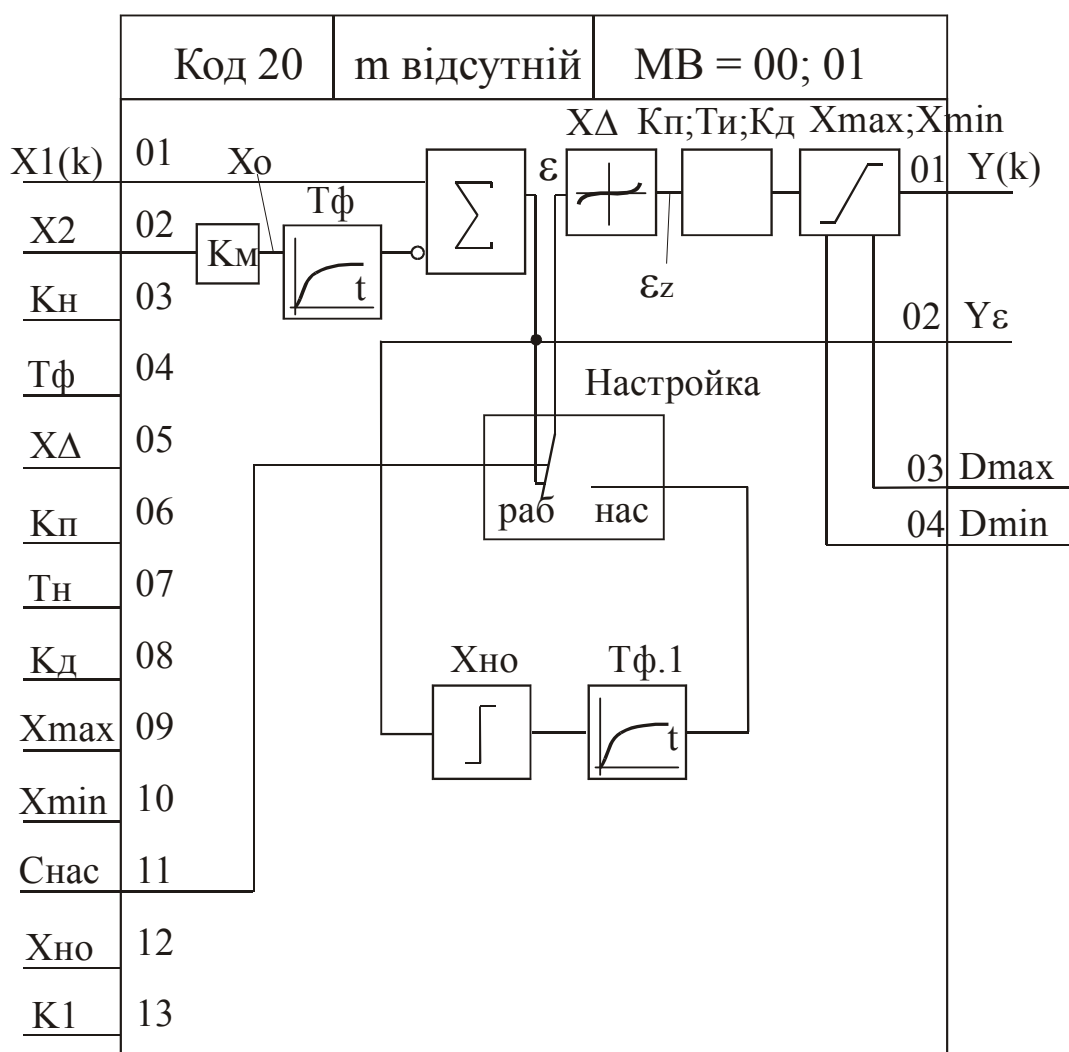


Рис.4.16. Функціональна схема алгоритму РАН.

ПІД-ланка перетворює сигнал згідно з передатною функцією

$$W(P) = K_{\Pi} \left[1 + \frac{1}{T_{\text{и}}P} + \frac{K_{\text{д}}T_{\text{и}}P}{\left[1 + \frac{K_{\text{д}}T_{\text{и}}}{8}P \right]^2} \right], \quad (4.8)$$

де K_{Π} , $T_{\text{и}}$, $K_{\text{д}}$ - відповідно коефіцієнт пропорційності, стала часу інтегрування і коефіцієнт диференціювання, що визначає відношення сталої часу диференціювання $T_{\text{д}}$ до $T_{\text{и}}$. Рівні обмеження ланки встановлюються коефіцієнтами X_{max} і X_{min} . Окрім двох вхідних сигналів X_1 і X_2 алгоритм має вісім настроюваних входів (03-13), що задають параметри настройки алгоритму. Додатково настроюваними вхідними параметрами є: $S_{\text{нас}}$ - командний сигнал переходу в режим настройки; $X_{\text{н}}$ - рівень сигналу на виході нуль-органу; K_1 - коефіцієнт, що залежить від властивостей об'єкта. При $S_{\text{нас}} = 0$ алгоритм переходить у режим роботи.

Алгоритм має чотири виходи. Вихід $Y(k)$ є основним. На виході формується відфільтрований сигнал розузгодження. Два дискретних виходи (D_{max} і D_{min}) фіксують момент настання обмеження вихідного сигналу $Y(k)$. Якщо сигнал $Y(k)$ лежить у діапазоні X_{max} і X_{min} , то сигнали $D_{\text{max}} = D_{\text{min}} = 0$.

Алгоритм РИМ (код 21) - регулювання імпульсне - застосовується при побудові ПІД-регулятора для АСР, що містить виконавчий механізм постійної швидкості. Окрім формування закону регулювання, алгоритм обчислює сигнал розузгодження, фільтрує його і вводить зону нечутливості. Аналогічно попередньому є вузол настройки. Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 4.17.

На відміну від алгоритму РАН алгоритм РИМ містить ПІД² ланку з передаточною функцією виду

$$W(P) = K_{\Pi}(T_M / T_{\text{И}}) \left[1 + T_{\text{И}} p + \frac{K_{\text{д}} T_{\text{И}}^2 p^2}{[1/8(K_{\text{д}} T_{\text{И}} p) + 1]^2} \right], \quad (4.9)$$

де T_M – час повного переміщення виконавчого механізму, що рухається з максимальною швидкістю.

У поєднанні з інтегруючим виконавчим механізмом, що має передатну функцію $W_{\text{им}}(P) = 1/T_M P$, загальна передатна функція регулятора з алгоритмом РИМ матиме вигляд

$$W_p(P) = K_{\Pi}(T_M / T_{\text{И}}) \left[1 + \frac{1}{T_{\text{И}} p} + \frac{K_{\text{д}} T_{\text{И}} p}{[1/8 \cdot (K_{\text{д}} T_{\text{И}} p) + 1]^2} \right], \quad (4.10)$$

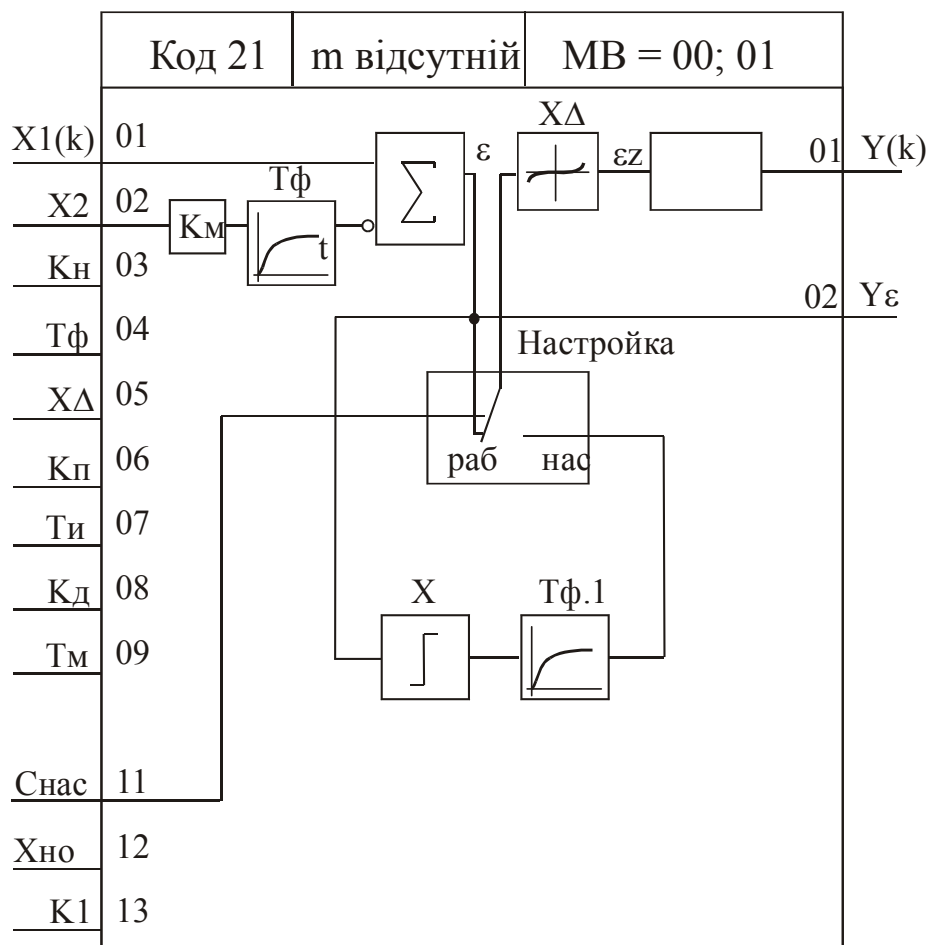


Рис. 4.17. Функціональна схема алгоритму РИМ.

Алгоритм має два виходи. Вихід $Y(k)$ є основним, а вихід Y_ϵ формує сигнал розузгодження.

Алгоритм ЗДН (код 24) - завдання - застосовується для формування сигналу ручного завдання в АСР. Через цей алгоритм до регулятора підмикаються також програмні задавачі й сигнал зовнішнього завдання. В АСР використовується в поєднанні а алгоритмом ОКО. Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 4.18.

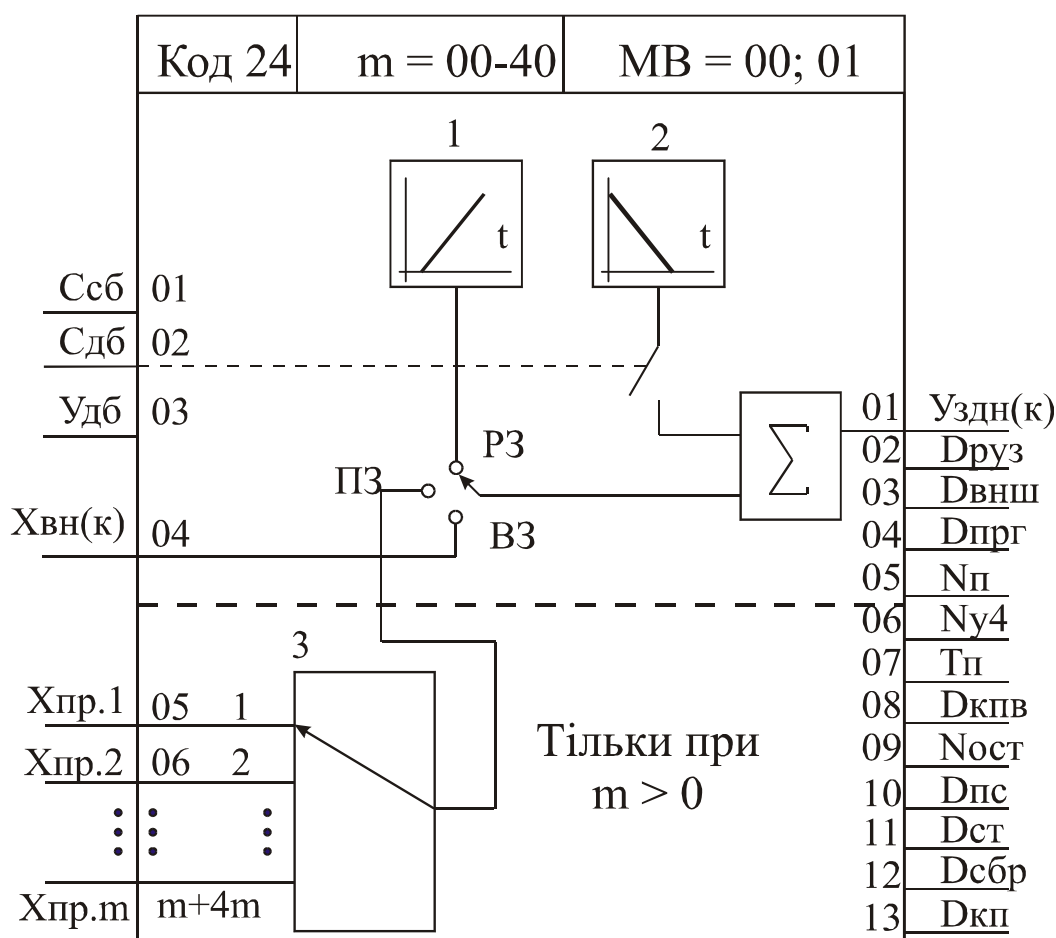


Рис. 4.18. Функціональна схема алгоритму ЗДН.

Алгоритм містить вузол ручного завдання 1, динамічного балансування 2, перемикачі програм 3 і виду завдання 4. Алгоритм має модифікатор $0 < m < 0$, який визначає число незалежних програмних задавачів, що підмикаються до регулятора. При відсутності програмних задавачів встановлюють $m = 0$. Зміна виду завдання ручне (РЗ), програмне (ПЗ) чи зовнішнє (ВЗ) - здійснюється перемикачем 4. У режимі ПЗ сигнал завдання надходить із входів Хпр.і від програмних

задавачів. У режимі ВЗ завдання надходить із входу $X_{вн}(к)$, який може бути з'єднаний з виходом будь-якого алгоблока. При ввімкненому статичному балансуванні ($C_{сб}=1$) вузол ручного задавача відмикається і відслідковує поточне завдання в режимах ПЗ і ВЗ чи початкове значення на виході $Y_{здн}(к)$. Після вмикання ручного задавача останнє значення сигналу завдання запам'ятовується, а потім може бути змінено вручну. Якщо ввімкнено динамічне балансування ($K_{ДБ} = 1$), то будь-яких перемиканнях перемикача 4 вузол 2 виробляє сигнал компенсації, за допомогою якого сигнал $Y_{здн}(к)$ у першу мить зберігається незмінним. Далі сигнал компенсації буде зменшуватися до нуля з постійною швидкістю, що задається входом $V_{дб}$. Вихідний сигнал $Y_{здн}(к)$ таким чином плавно переходить (безударно) до поточного значення будь-якого з видів завдання. Якщо $C_{сб} = C_{дб}=1$, вузол ручного завдання (режим РЗ) працює згідно з правилами статичного балансування, а в режимах ПЗ і ВЗ, змін номера програми і вмикання алгоритму (режими ПЗ і ВЗ) діятиме динамічне балансування.

Дискретні виходи $D_{руз}$, $D_{внш}$, $D_{прг}$ призначені для індикації встановленого виду завдання. Наприклад, якщо $D_{руз} = 1$, а $D_{внш} = D_{прг} = 0$, то завдання ручне.

У випадку $m>0$ (увімкнено хоча б один програмний задавач) алгоритм ЗДН має також інші виходи. Вихід $N_{п}$ визначає номер програми, що виконується (положення перемикача 3), а вихід $N_{уч}$ - номер поточної ділянки програми, Відлік часу, що залишився до кінця поточної ділянки програми, встановлюється виходом $T_{п}$. Якщо в алгоритмах програмного задавача ПРЗ задано число повторень $N_{пвт} > 1$, то після закінчення кожного поточного повторення програми на один цикл роботи контролера ($T_0 = 0,2 \div 2$ с) встановлюється дискретний сигнал (кінець повторень ($D_{кпв} = 1$). Після закінчення останнього повторення сигнали $D_{кп} = D_{кпв} = 1$ постійно і зберігають ці значення, доки програма не буде скинута ($D_{кп}$ - кінець програми). Якщо $N_{пвт} = 1$, то після закінчення програми $D_{кп} = D_{кпв} = 1$. Вихід $N_{ост}$ визначає число повторень програми, що залишилися. Дискретні сигнала-

ли $D_{пс}$, $D_{ст}$ $D_{сбр}$, дорівнюють логічній одиниці, якщо програма знаходиться в стані пуску, зупинки і скидання. На вході $Y_{руз}$ формується сигнал, ідентичний вихідному сигналу вузла ручного задавача. При $m = 0$ вихід $Y_{руз}$, має номер 05, а при $m > 0$ - номер 14.

Алгоритм ЗДЛ (код 25)- завдання локальне - використовується в складі каскадного регулятора і в поєднанні з алгоритмом ОКО. Цей алгоритм дає змогу передбачити перемикання каскадного регулятора в локальний режим і ручну зміну завдання веденого регулятора в цьому режимі. На рис. 4.19 зображено функціональну схему алгоритму.

Алгоритм містить вузол ручного завдання і перемикач режимів (ЛУ - локальне керування і КУ - каскадне керування). У схемах АСР його вмикають між веденим і ведучим регуляторами. У режимі КУ сигнал на вході $X(k)$ передається на його вихід $Y(k)$. Звичайно вхід $X(k)$ підмикається до виходу ведучого регулятора, а вхід веденого регулятора - до виходу $X(k)$. У режимі ЛУ завдання може змінюватися вручну за допомогою клавіш ПЛ контролера. На дискретному виході $D_{лок}$ встановлюється значення $D_{лок} = 0$ у режимі КУ і $D_{лок} = 1$ у режимі ЛУ.

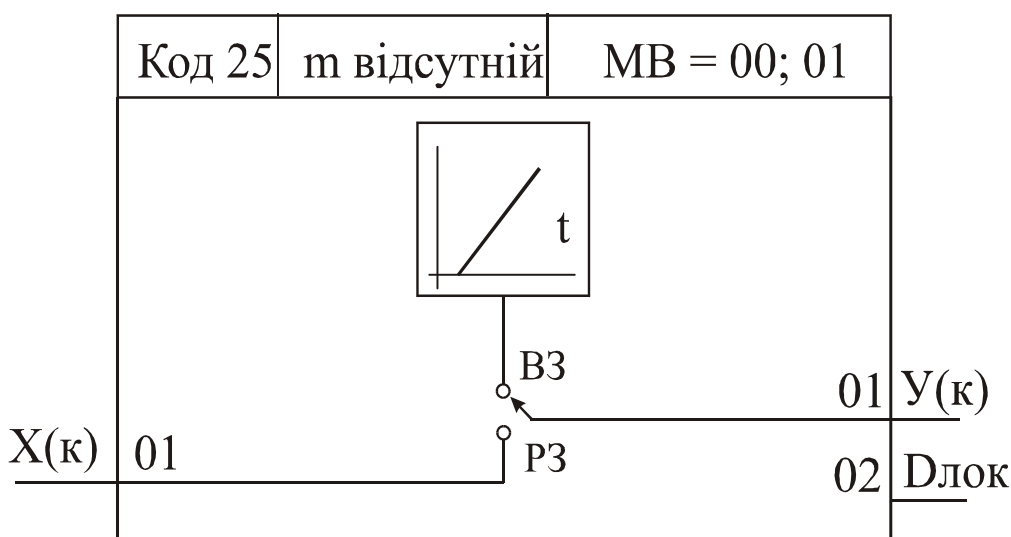


Рис. 4.19. Функціональна схема алгоритму ЗДЛ.

Алгоритм РУЧ (код 26) ручне управління - застосовується для зміни режимів управління регулятора в поєднанні з алгоритмом ОКО. При цьому може працювати у складі як аналогового так і імпульсного регулятора. На рис. 4.20 зображено функціональну схему алгоритму.

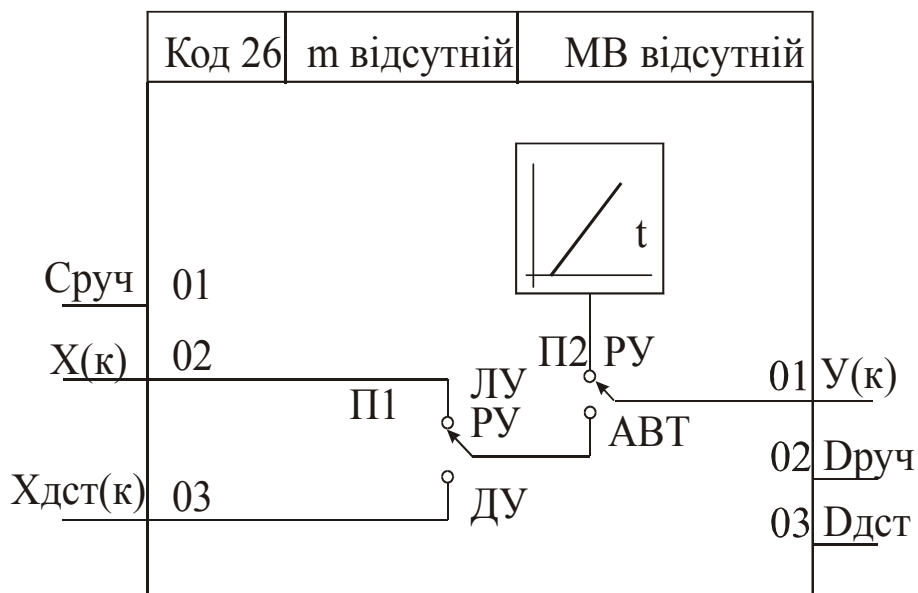


Рис. 4.20. Функціональна схема алгоритму РУЧ.

Алгоритм містить перемикачі режимів роботи П1, П2 і вузол ручного управління. Якщо на ПЛ контролера натискається клавіша ручного режиму, то до виходу алгоритму РУЧ підключається вузол ручного управління. При завданні в алгоритмі ОКО аналогового регулятора вузол ручного управління алгоритму РУЧ працює за принципом "більше-менше". Якщо в алгоритмі ОКО задано імпульсний регулятор, то вузол ручного управління формує константу (-100, -25, 0, 25 чи 100 %), що визначає середню швидкість переміщення виконавчого механізму.

Якщо на ПЛ контролера натискається клавіша автоматичного режиму управління, то вузол ручного управління відмикається і вихід $Y(k)$ алгоритму РУЧ з'єднується з його входом $X(k)$, чи $Xдст(k)$. Із входом $X(k)$ вихід $Y(k)$ з'єднується в режимах ДУ і КУ, а із входом $Xдст(k)$ - у дистанційному режимі (ДУ). За допомогою входу $Cруч = 1$ алгоритм може бути примусово переключений у ручний

режим. При цьому його переведення в автоматичний режим (АВТ) блокується. Перехід у режим АВТ здійснюється тільки вручну. При положенні перемикача П2 у положенні РУ сигнал Круч = 1, у протилежному разі Друч = 0. Якщо перемикач П1 знаходяться в положенні ДУ, то Ддст = 1. Для іншого положення П1 Ддст = 0.

Алгоритм ПРЗ (код 27) - програмний задавач - формує кусково лінійну функцію часу, яка може вміщувати до 47 відрізків. Для кожного відрізка задається його тривалість за часом і кінцева ордината. Передбачено можливість запускати, зупиняти і скидати програму. Окрім того, програма може виконуватися задане число разів. На рис. 4.21 зображено функціональну схему алгоритму ПРЗ.

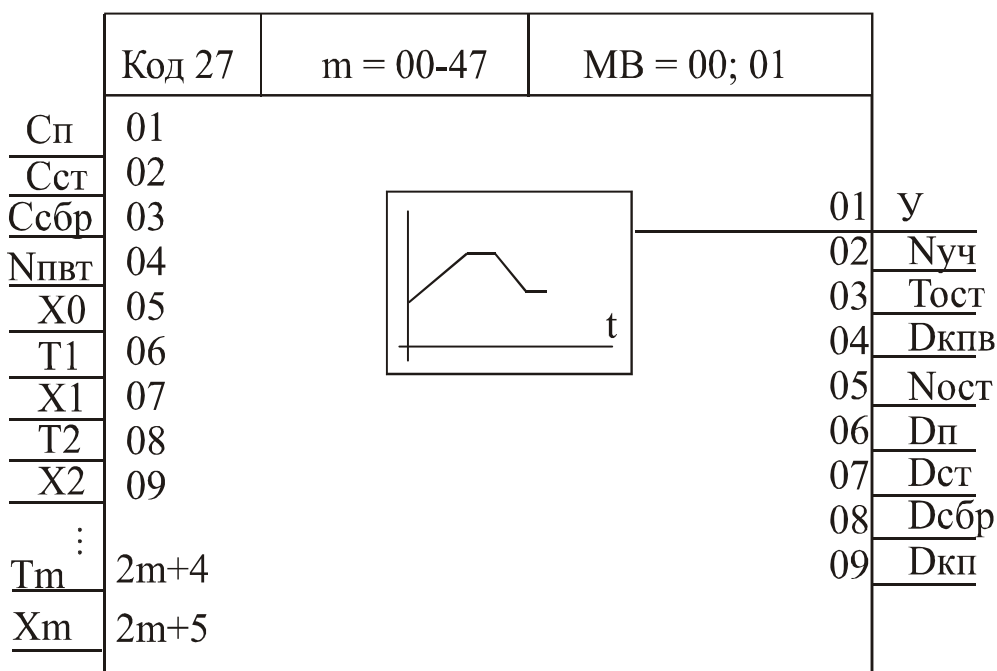


Рис. 4.21. Функціональна схема алгоритму ПРЗ.

Вхідні сигнали X_i і T_i на настроюваних входах задають відповідно кінцеві ординати і тривалість окремих ділянок на виході Y . При цьому в стані скидання сигнал Y на виході алгоритму має початкове значення $Y_0 = X_0$. Якщо вихід Y з'єднаний з одним із входів $X_{пр}$ алгоритму ЗДН, то запускати, зупиняти та скидати програму можна за допомогою клавіш ПЛ контролера. Незалежно від зв'язку з алгоритмом ЗДН алгоритм ПРЗ може бути переведений у стан пуску,

зупинки та скидання дискретними сигналами $S_p, S_{ст}$ і $S_{сбр}$ при їх переході до значення логічної одиниці. Сигнал $S_{сбр}$ є пріоритетним, і при $S_{сбр} = 1$ алгоритм ПРЗ не можна перевести в інші стани ні за допомогою ПЛ, ні за допомогою команд $S_p = S_{ст} = 1$. При одночасних командах $S_p = S_{ст} = 1$ виконуватиметься команда зупинки. Кількість повторень програми задається командою $N_{пвт}$ на вході. При $N_{пвт} = 1$ команда виконується один раз, після чого програма переходить у стан КП (кінець програми) і вихідний сигнал $D_{кп} = 1$. При $N_{пвт} > 1$, якщо програма доходить до кінця, вона автоматично переходить на початок і буде знаходитись у стані пуску, доки не закінчиться задане число повторень. Після кожного закінчення програми сигнал $D_{кпв}$ (кінець повторення) переходить у стан логічної одиниці.

Інші виходи мають таке призначення: $N_{уч}$ - поточний номер ділянки програми; $T_{ост}$ - час, що залишився до закінчення поточної ділянки; $N_{ост}$ - число повторень програми, що залишилося;

$D_p, D_{ст}, D_{сбр}$ - дискретні сигнали, що реєструють стан програми, відповідно пуску, зупинки і скидання.

Алгоритм *ИНЗ* (код 28) інтегруючий задавач - застосовується для дистанційної зміни завдання за принципом "більше-менше". На рис. 4.22 показано функціональну схему алгоритму.

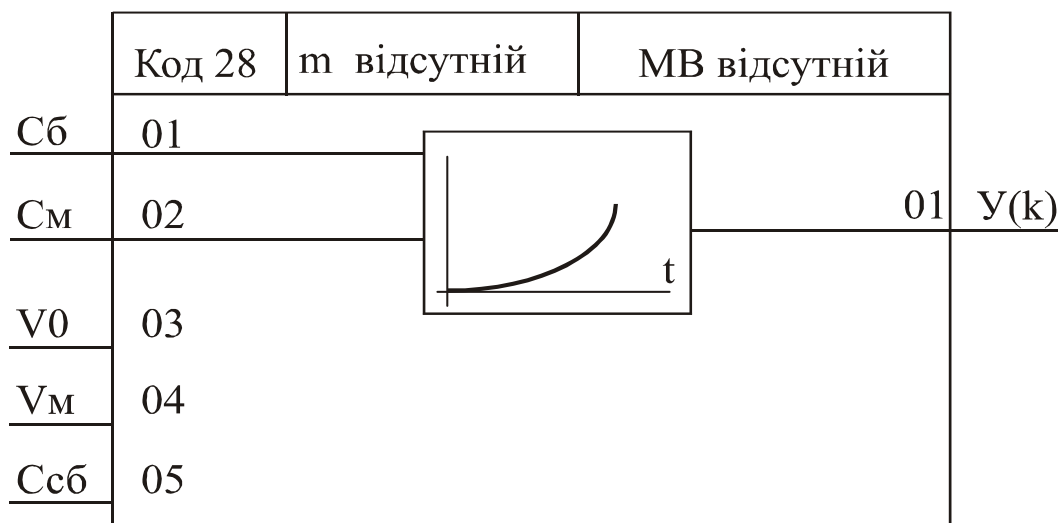


Рис. 4.22. Функціональна схема алгоритму *ИНЗ*.

За допомогою двох дискретних входів C_b і C_m алгоритму здійснюється управління зміною вихідного сигналу відповідно в бік збільшення і зменшення. При $C_b = C_m = 0$ чи $C_b = C_m = 1$ вихідний сигнал запам'ятовується. На вхід C_{sb} може бути поданий сигнал статичного балансування, а на входах V_0 і V_m задаються початкова (мінімальна) і максимальна швидкості зміни завдання. При $C_{sb} = 1$ вихід алгоритму встановлюється каскадним, і він припиняє реагувати на вхідні команди C_b і C_m .

Алгоритм ПОК (код 29) пороговий контроль - дозволяє контролювати до 20 аналогових сигналів, порівнюючи кожний із них з припустимими для них верхнім і нижнім значеннями. Використовується разом із алгоритмом ОКО. При виході за межі припустимих значень засвічується один із індикаторів ПЛ "ошибка контура" чи "ошибка програми". На рис. 4.23 зображено функціональну схему алгоритму.

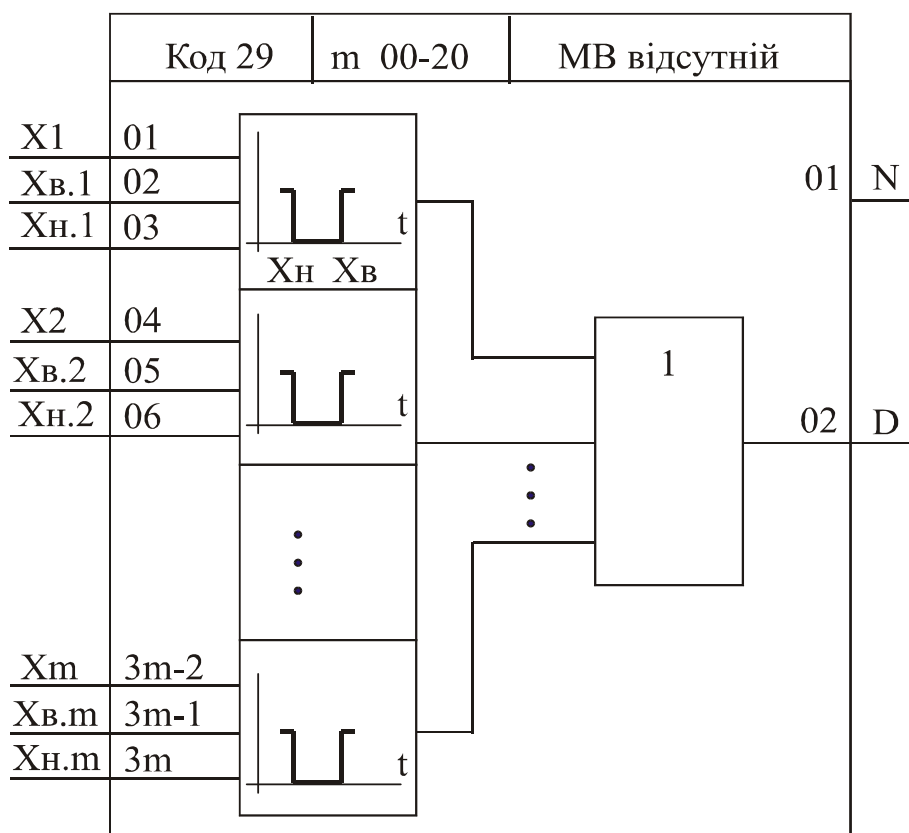


Рис. 4.23. Функціональна схем алгоритму ПОК.

Кількість контрольованих сигналів X_i задається модифікатором m . По кожному вхідному каналу здійснюється порівнювання з верхньою і нижньою уставкою. Якщо хоча б один із контрольованих сигналів досягне заданої для нього уставки, вихідний сигнал $D = 1$, інакше $D = 0$. При цьому на виході N формує номер вхідного сигналу i , який вийшов за задані межі. Якщо кілька сигналів вийшли за припустимі межі, тоді N дорівнює молодшому із цих сигналів.

Алгоритм АНР (код 30) - автонастройка регулятора - використовується для автоматизації процесу розрахунку динамічної настройки регулятора і застосовується разом з алгоритмами РАН і РИМ. Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 4.24.

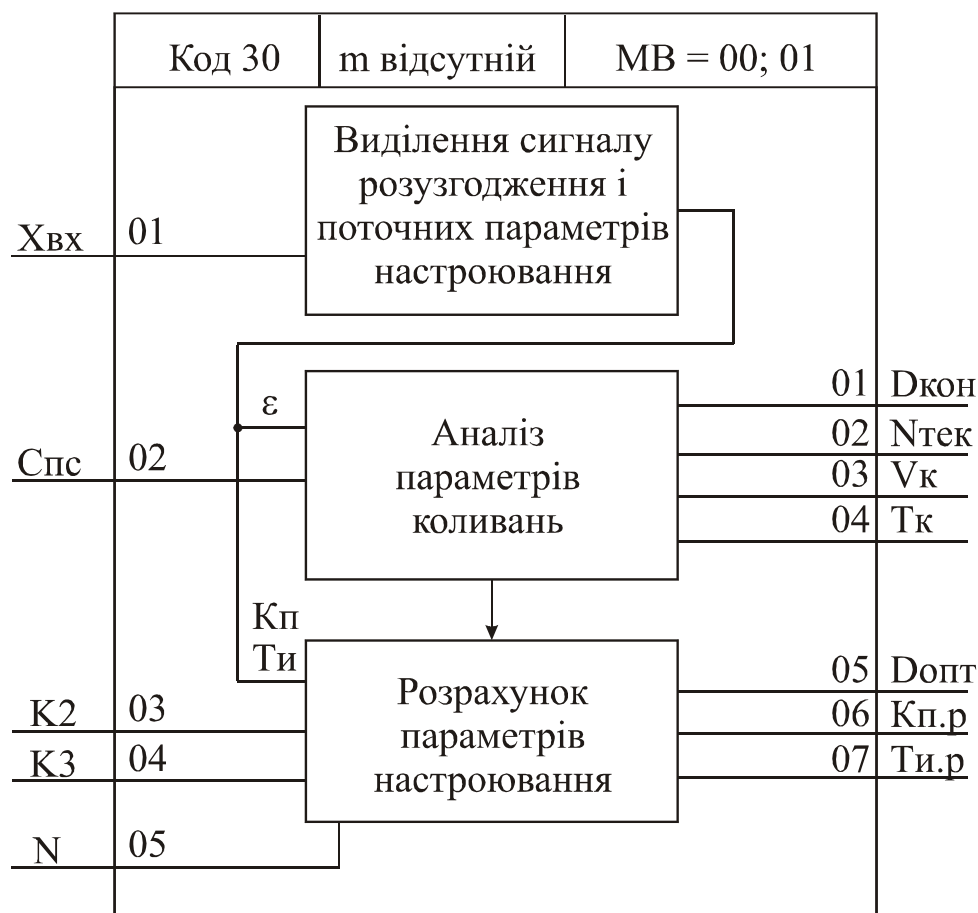


Рис. 4.24. Функціональна схема алгоритму АНР.

Вона містить три вузли: виділення сигналу розузгодження ε і поточних значень параметрів настройки K_p і T_i , аналізу параметрів коливань; розрахунку параметрів настройки. Звичайно вхід $X_{вх}$ ал-

горитму підмикається до виходу 4 алгоритмів РАН чи РИМ. При такій схемі алгоритм АНР виділяє сигнал ϵ і поточні значення K_p і T_i , що встановлені в алгоритмі РАН (РИМ), а також значення $X_{но}$, встановлене в цьому алгоритмі.

Виділений сигнал ϵ надходить на вхід вузла аналізу параметра коливань. Аналіз починається при команді $Спс = 1$ (пуск). В результаті чого даний вузол визначає усереднене значення амплітуди Y_k і періоду T_k коливань. На вході N алгоритму задається максимальне число періодів коливань, протягом яких виконується аналіз. При закінченні аналізу за число періодів, що менше чи дорівнює N на дискретному виході $D_{кон}$ формується одиничний сигнал. Результати аналізу параметрів коливань разом з виділеними значеннями поточних параметрів настройки K_p і T_i надходять на вхід вузла розрахунку параметрів. На вході цього вузла задаються також два настроюваних коефіцієнти K_2 і K_3 , що попередньо розраховані. Якщо інформація про об'єкт відсутня, то беруть $K_2 = 0,92$, а $K_3 = 3,7$. На підставі цих даних вузол визначає розрахункові значення $K_{пр}$ і $T_{ир}$. При досягненні цими параметрами значень, близьких до оптимальних, на дискретному виході сигнал $D_{опт} = 1$. У стані скидання ($Спс = 0$) значення $D_{опт} = 0$, а величини $K_{пр}$ і $T_{ир}$ дорівнюють значенням, що розраховані на попередньому циклі. Вихід $N_{тек}$ фіксує номер поточного періоду коливань. У випадку використання ПІД-закону регулювання в алгоритмі РАН (РИМ) після визначення K_p і T_i встановлюється коефіцієнт $K_d = T_d/T_i \approx 0,1...0,3$. Значення K_p при цьому можна підвищити на 20...40%. При настроюванні може бути використана як ручна оцінка коливань, так і автоматичний розрахунок настройок.

Алгоритм ИНТ (код 33) використовується для інтегрування чи запам'ятовування сигналу. На рис.4.25 зображено функціональну схему алгоритму, що містить інтегруючий і пороговий елементи.

Вхід $X(k)$ і вихід $Y(k)$ алгоритму каскадні. Стала інтегрування задається на вході T_i . У алгоритмі передбачається установлення початкових умов по входу $X_{нач}$. При вхідному дискретному сигналі

Снач = 1 інтегратор переходить у режим установлення початкових умов і вихід $Y = X_{нач}$. Якщо Снач = 0, виконується основна функція інтегратора. По входу $X_{пор}$ встановлюється обмеження, і якщо $Y > X_{пор}$, то дискретний сигнал $D = 1$.

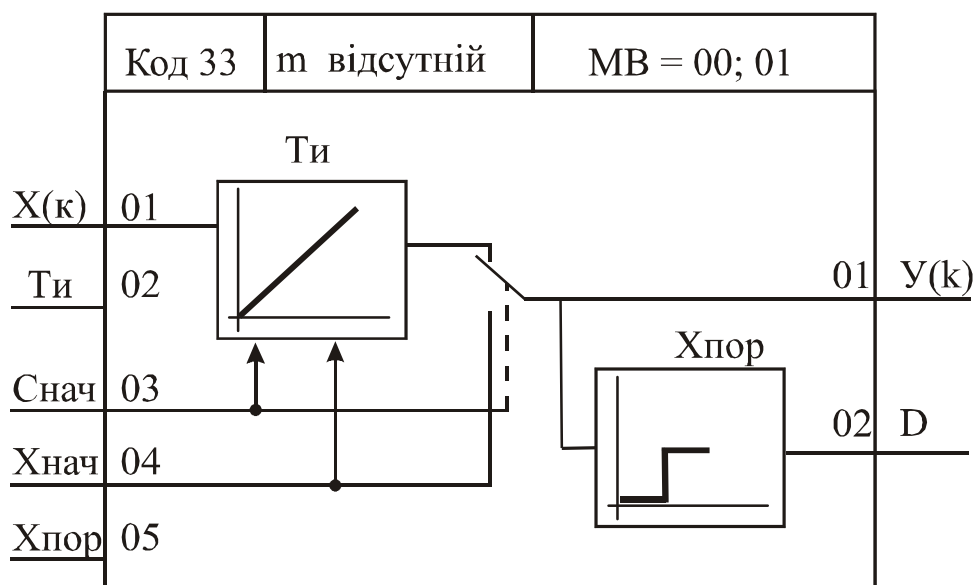


Рис. 4.25. Функціональна схема алгоритму ИНТ.

Алгоритм ДИФ (код 34) застосовується в схемах динамічної корекції для одержання сигналів, що зв'язані зі швидкістю зміни параметра. Функціональну схему алгоритму зображено на рис.4.26 який являє собою реальну диференціальну ланку з регульованим коефіцієнтом підсилення по входу K_m і сталою диференціювання по входу T_d . Вхід X і вхід Y алгоритму не каскадні. По входу $C_0 = 1$ надходить команда занулення, і $Y = 0$ незалежно від вхідного сигналу.

Алгоритм ФИЛ (код 35) використовується для фільтрації високочастотних завад, а також для динамічної корекції. На рис. 4.27 зображено функціональну схему алгоритму, що являє собою фільтр низьких частот першого порядку. Всіх $X(k)$ і вихід $Y(k)$ каскадні. По входу задається стала часу фільтра.

Алгоритм ДИН (код 36) - динамічне перетворювання в АСР - застосовується для введення інтегрально-диференціальної корекції. На рис. 4.28 зображено функціональну схему алгоритму, що має кас-

кадний вхід $X(k)$ і вихід $Y(k)$. По входу K_m задається коефіцієнт підсилення, а по входах T_1 і T_2 - сталі часу знаменника та чисельника.

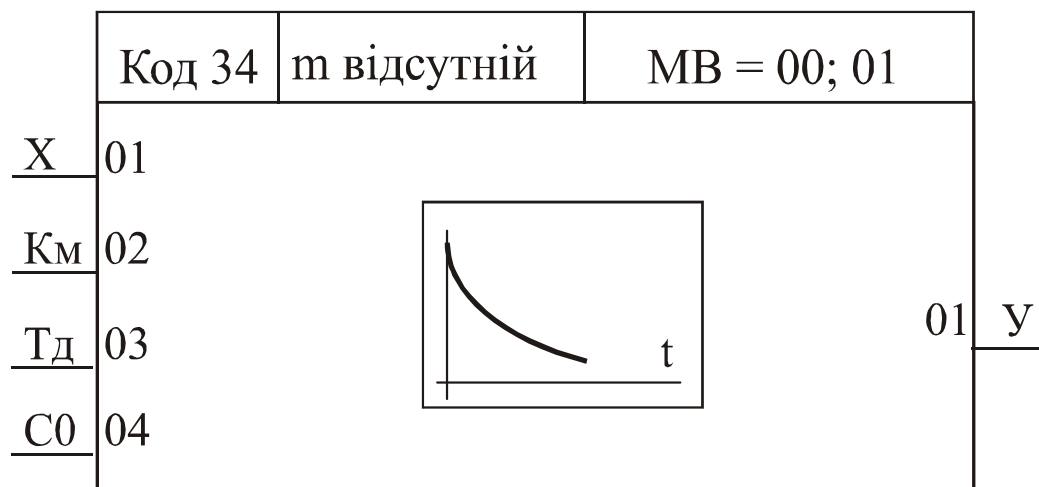


Рис.4.26. Функціональна схема алгоритму ДИФ.

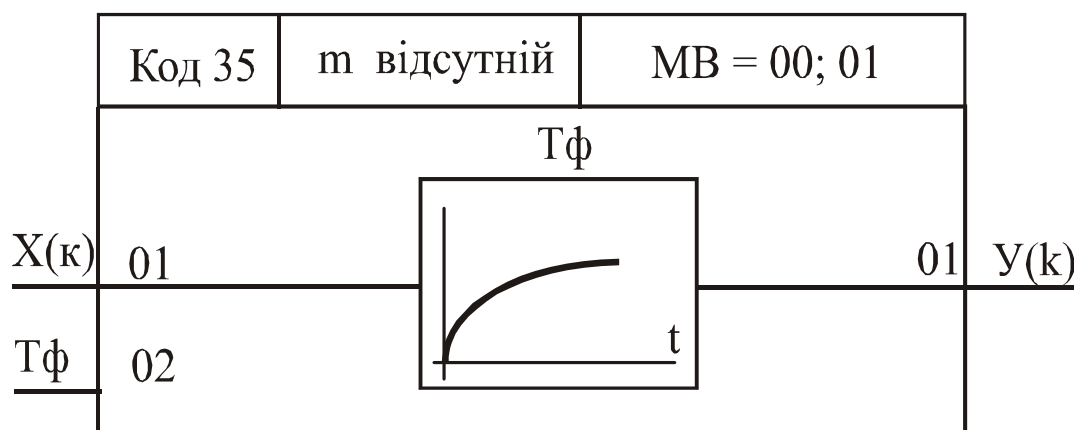


Рис.4.27. Функціональна схема алгоритму ФИЛ.

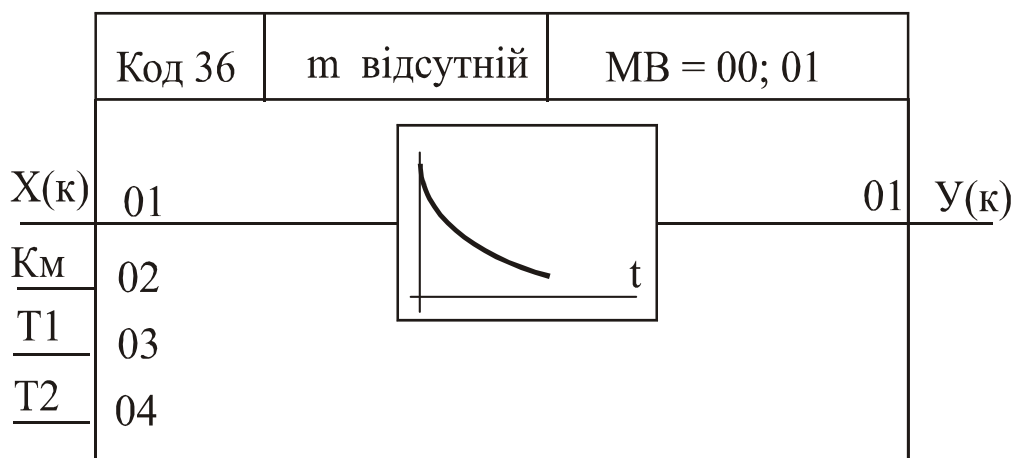


Рис.4.28. Функціональна схема алгоритму ДИН.

Алгоритм ДИБ (код 37) застосовується для балансування відімкненого кола, що забезпечує безударне вмикання кола виробленням балансуєчого сигналу, який після вмикання плавно зменшується до нуля. На рис. 4.29 зображено функціональну схему алгоритму, що містить вузол динамічного балансування з настроюваною швидкістю V_b і суматор.

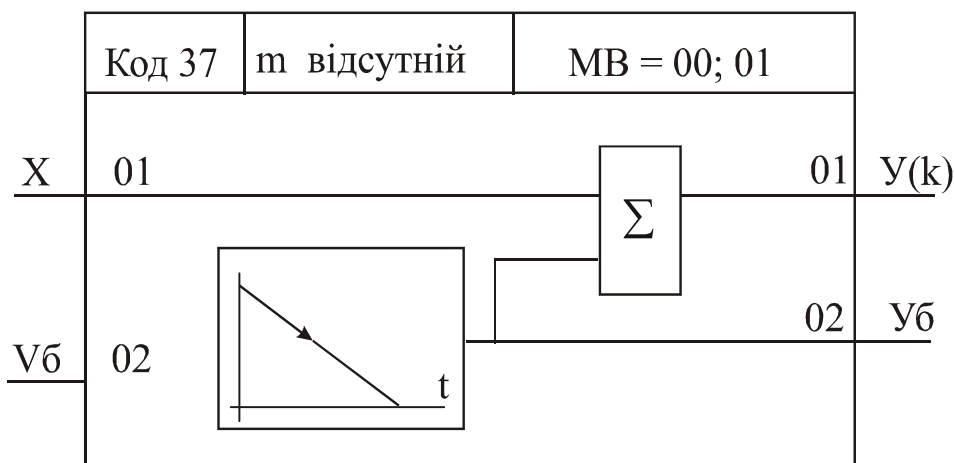


Рис.4.29. Функціональна схема алгоритму ДИБ.

У ввімкненому стані вихідний сигнал визначається рівнянням:

$$Y(k) = X + Y_b, \quad (4.11)$$

де X -вхідний сигнал; Y_b -вихідний сигнал вузла балансування.

У сталому режимі $V_b = 0$ і $Y(k) = X$.

Алгоритм СУМ (код 42) використовується для підсумовування (без масштабування) до 21 сигналу. Число сигналів задається модифікатором $m = 0 \dots 20$. На рис. 4.30 показано функціональну схему алгоритму, для якого при $m = 0$ на вході є сигнал X_0 при $m = 1$ - сигнал X_0 і X_1 і т.д. Вхід $X_0(k)$ і вихід $Y(k)$ - каскадні.

Алгоритм СМА (код 43) застосовується в АСР при побудові регуляторів співвідношення чи для введення статичної корекції. Число сигналів, що масштабуються з коефіцієнтом K_m і підсумовуються

X_i , задаються модифікатором $m=0...20$. Немасштабований основний сигнал X_0 присутній завжди, незалежно від m . На рис. 4.31 зображено функціональну схему алгоритму.

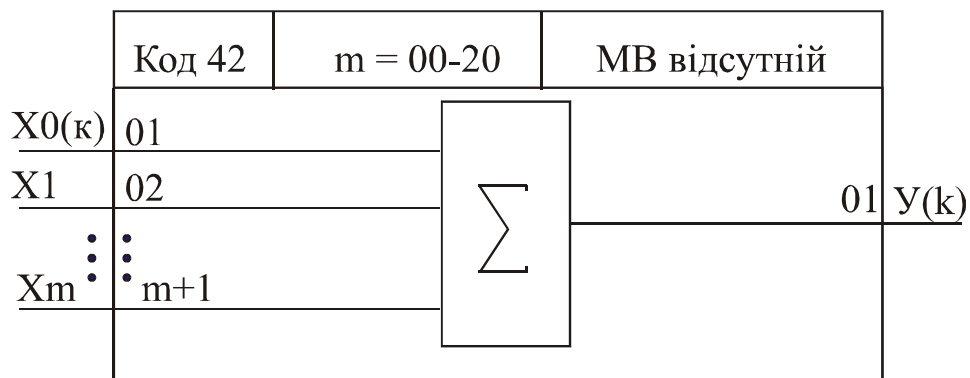


Рис.4.30 Функціональна схема алгоритму СУМ.

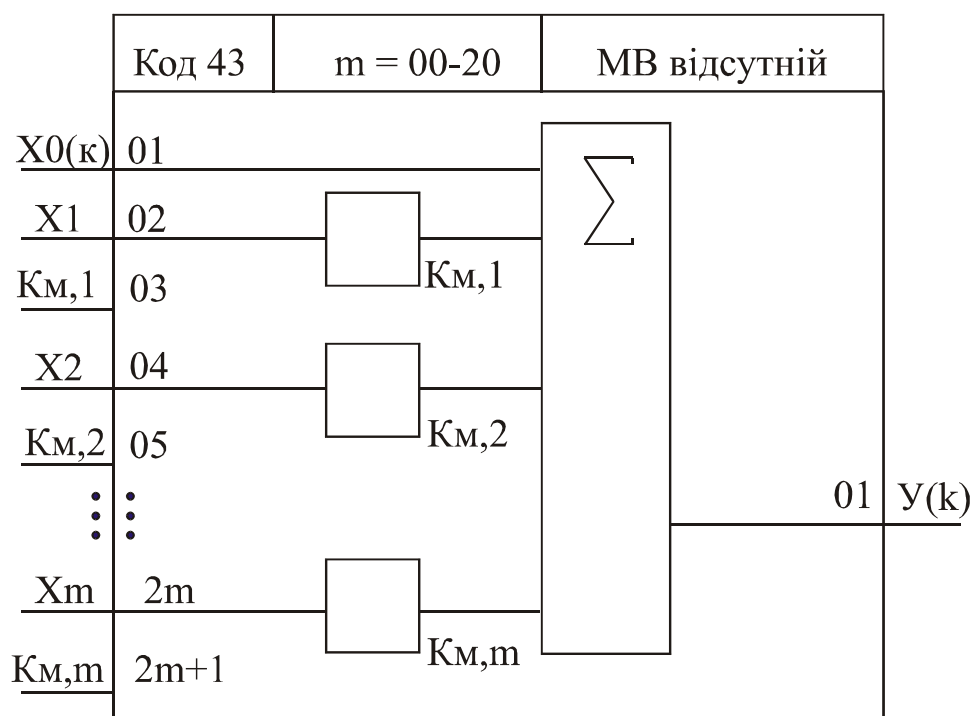


Рис.4.31. Функціональна схема алгоритму СМА.

Алгоритм УМД (код 44) призначений для виконання математичних операцій множення і ділення. На рис.4.32 зображено функціональну схему алгоритму. Алгоритм формує вихідний $Y(k)$ сигнал за рівнянням

$$Y(k) = \frac{X_1(k) X_2}{X_3}, \quad (4.12)$$

де $X_1 - X_3$ - вхідні сигнали.

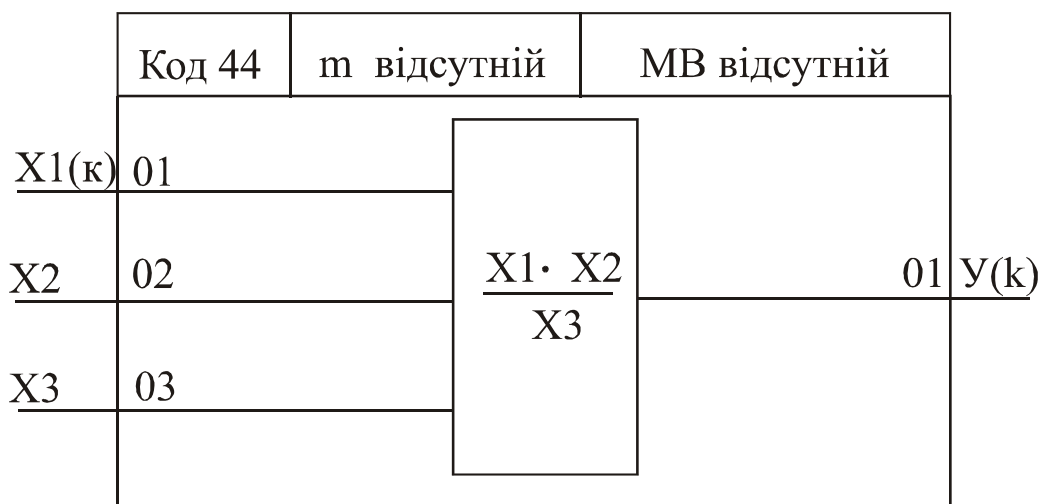


Рис.4.32. Функціональна схема алгоритму УМД.

Алгоритм КОР (код 45) застосовується для статичної корекції, зокрема, для лінеаризації характеристики датчика витрат. На рис. 4.33 зображено функціональну схему алгоритму, вихідний сигнал $Y(k)$ якого формується згідно з формулою

$$Y(k) = 10\sqrt{X(k)} \quad \text{при } X > 0; \quad (4.13)$$

$$Y(k) = -10\sqrt{|X(k)|} \quad \text{при } X < 0,$$

де $X(k)$ – вхідний сигнал, %. При $X(k) = 100\%$ вихідний сигнал $Y(k) = 100\%$

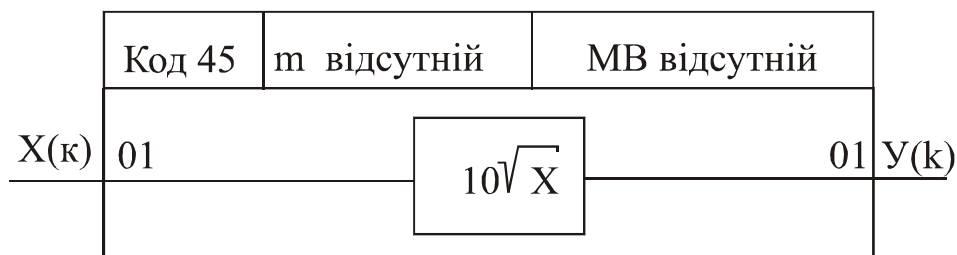


Рис. 4.33. Функціональна схема алгоритму КОР.

Алгоритм КУС (код 47) - кусково-лінійна функція - застосовується для лінеаризації нелінійної залежності сигналу від датчика а також для штучного введення нелінійності у вигляді зони нечутливості, релейної характеристики і т.ін. На рис. 4.34 зображено функціональну схему алгоритму. Число відрізків лінеаризації задається модифікатором $m = 0 \dots 49$. При $m = 0$ вихідний сигнал $Y = 0$ незалежно від вхідного сигналу X . Координата кінця відрізка визначається парою сигналів X_i і Y_i (абсциса та ордината кінця відрізка), які задаються значеннями сигналів на настроюваних входах. При $X < X_i$ та $X > X_m$ вихідний сигнал $Y = \text{const}$. На виході $N_{\text{уч}}$ формується число, що визначає номер поточної ділянки лінеаризації. Для правильної роботи алгоритму необхідно дотримуватися умови $|Y_{i+1} - Y_i| < 200\%$.

Алгоритм ОГР (код 48) використовується для обмеження верхньої чи нижньої межі діапазону зміни сигналу. Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 4.35. На двох дискретних виходах D_v і D_n фіксується досягнення сигналом меж обмеження, рівень яких задається настроюваними входами X_v і X_n . Для правильної роботи алгоритму необхідно дотримуватись умови $X_v > X_n$. При виході вхідного сигналу $X(k)$, за зону обмеження на відповідному дискретному виході з'являється одиничний сигнал.

Алгоритм СКС (код 49) - ковзне середнє - застосовується для обчислення середнього $Y_{\text{ср}}$ з кількох останніх відліків аналогового сигналу X .

Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 4.36. Алгоритм містить 12 комірок пам'яті, число яких задається модифікатором m . По кожній команді відліку Сотс робиться "проштовхування" сигналів через комірки пам'яті. Поточне значення останньої комірки є вихідним сигналом і надходить на вихід $Y_{\text{зап}}$. Виходи X_i , усіх комірок запізнювання підсумовуються та усереднюються за рівнянням

$$Y_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^m x_i / m. \quad (4.14)$$

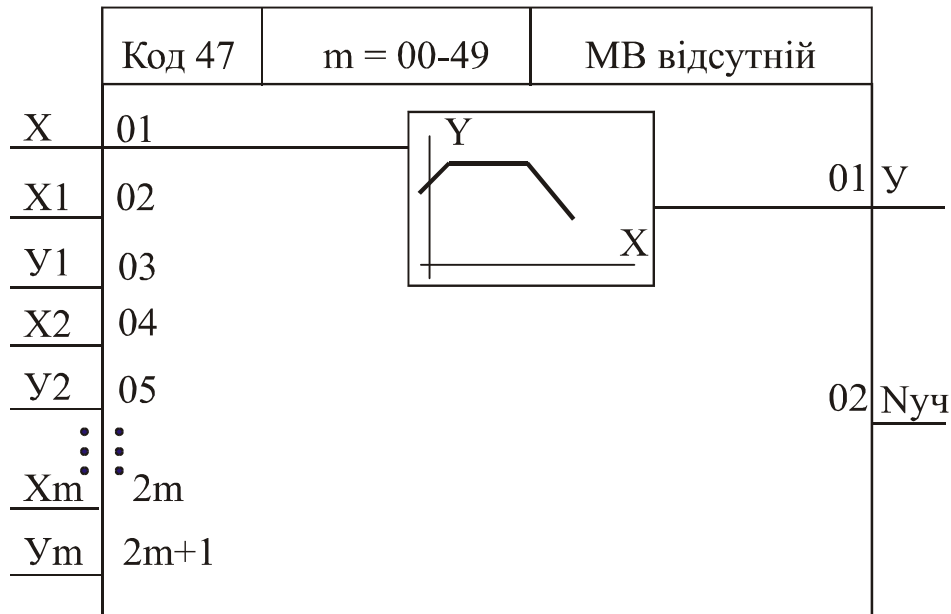


Рис. 4.34. Функціональна схема алгоритму КУС.

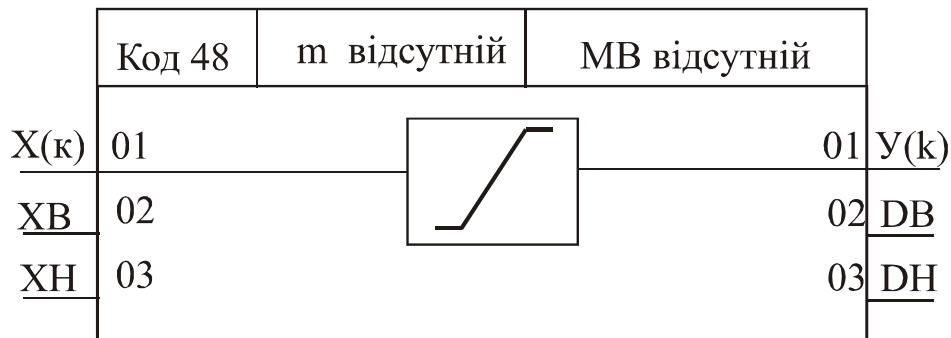


Рис. 4.35. Функціональна схема алгоритму ОГР.

При $m=0$ вихідний сигнал $Y_{ср}=X$ і ознака відліку $Dotc=0$. Команда відліку може надходити як від внутрішнього таймера ТМР, так і зовні. В останньому випадку на вхід вибору режиму надходить сигнал $S_{реж}=1$. Інтервал часу між відліками задається за допомогою настроюваного входу $T = 0,2...2$ с. За командою "сброс" ($S_{бр} = 1$) в усі комірки пам'яті записується сигнал на вході X і вихід $Y_{ср} = X$, тобто запізнювання відсутнє. Час запізнювання визначається рівнянням

$$\tau_{ЗАП} = mT . \quad (4.15)$$

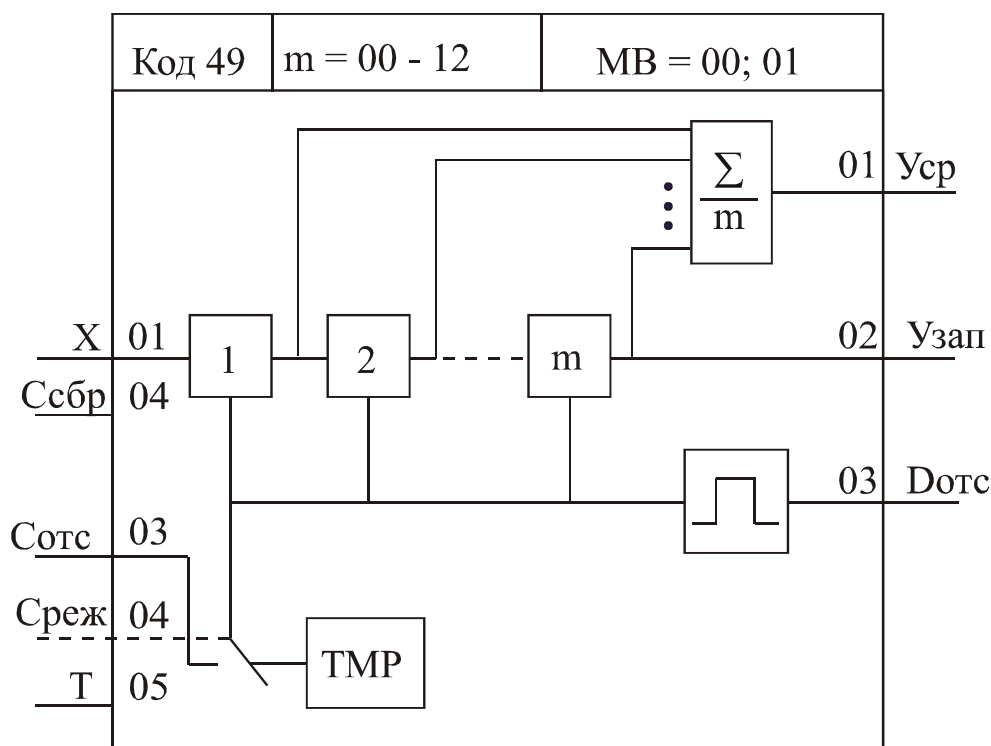


Рис. 4.36. Функціональна схема алгоритму СКС.

На відміну від розглянутого *алгоритм ЗАП (код 39)* - запізнювання - має каскадні вхід $X(k)$ та вихід $Y(k)$ і не містить суматора. Тому він застосовується в основному при моделюванні ланки чистого запізнювання чи для введення динамічної корекції.

Алгоритм ДИС (код 50) - дискретне середнє - застосовується для усереднення аналогового сигналу або на фіксованому відрізку часу, або за задане число відліків. На рис. 4.37 зображено функціональну схему алгоритму.

Алгоритм містить одну комірку пам'яті, в якій підсумовуються значення вхідного сигналу, одержані за m відліків. Далі результат ділиться на m . Число відліків задається модифікатором $m = 0...99$. Команда відліку формується аналогічно алгоритму СКС. Лічильник СТ відлічує поточне число відліків N , і в момент $N = m$ середнє значення, що обчислене суматором, запам'ятовується в комірці "пам'ять виходу". При цьому відновлюється сигнал на виході $Y_{ср}$. У

кінці інтервалу усереднення сигнал на виході $D_{ком}=1$ (кінець відліку). Для ініціювання нового інтервалу усереднення на вхід перезапуску подається сигнал $Спер=1$. Якщо необхідно забезпечити безперервне усереднення за певні інтервали, тоді вихід $D_{кон}$ з'єднується з виходом $Спер$. Команда $Ссбр$ має пріоритет над командою $Спер$.

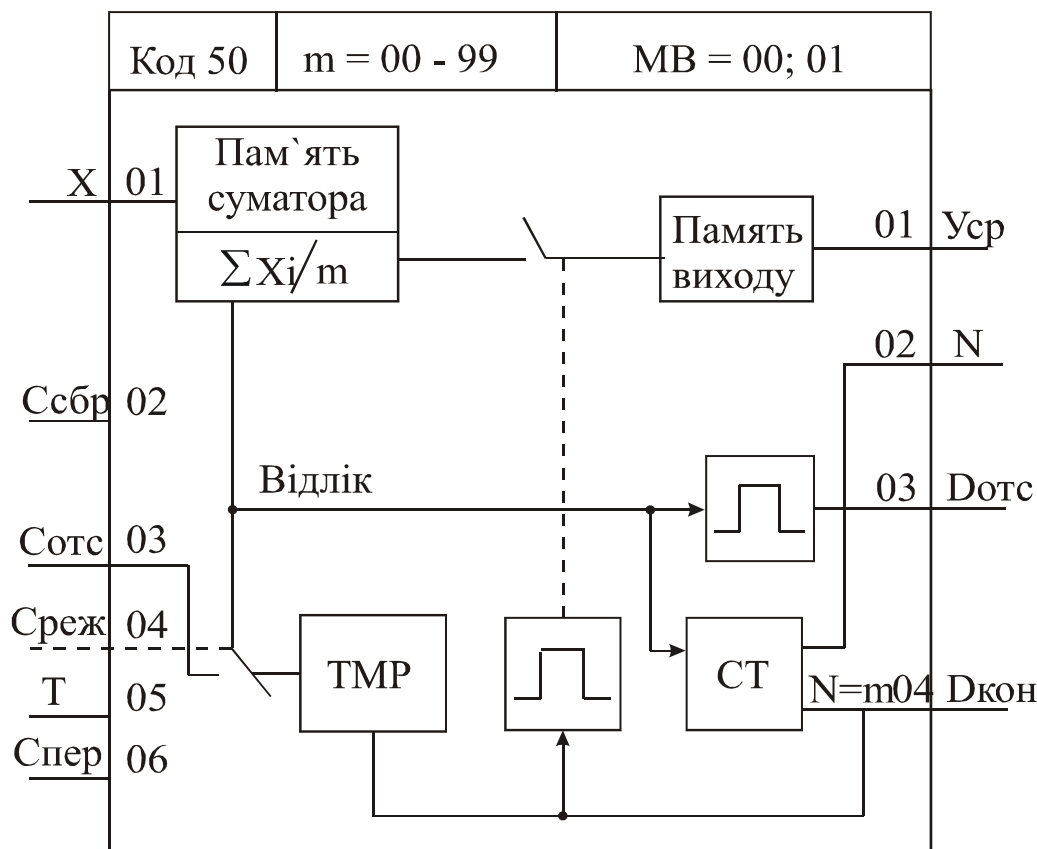


Рис.4.37. Функціональна схема алгоритму ДИС.

Алгоритм МИН (код 51) - використовується для виділення мінімального із кількох сигналів. Число входних сигналів задається модифікатором $m=0...99$. На рис. 4.38 зображено функціональну схему алгоритму. Алгоритм має додатковий вихід $N_{вх}$, на якому формується число, що визначає номер входного сигналу X_m , що пройшов на вихід. Якщо цих сигналів кілька, то $N_{вх}$ вказує на мінімальний його номер із групи цих входів.

Алгоритм МКС (код 52) - застосовується для виділення максимального із кількох сигналів. На рис. 4.39 зображено функціональну

схему алгоритму, в якого маркіровка входів і виходів аналогічна попередньому алгоритму.

Алгоритм СИТ (код 53) - застосовується для виділення середнього із трьох вхідних аналогових сигналів ($X_1 - X_3$). На рис. 4.40 зображено функціональну схему алгоритму. Алгоритм містить вузол виділення середнього із трьох сигналів і логіку, що фіксує неприпустиме відхилення одного із сигналів від середнього. Вихідний сигнал Y дорівнює одному із трьох вхідних сигналів. Номер сигналу, що пройшов на вихід визначається на вході N_0 . На виходах D і N фіксується відхилення одного з крайніх сигналів від значення середнього сигналу на величину, що перевищує задану зону нечутливості $X\Delta$. При рівності вхідних сигналів вихід N_0 указує старший номер входу.

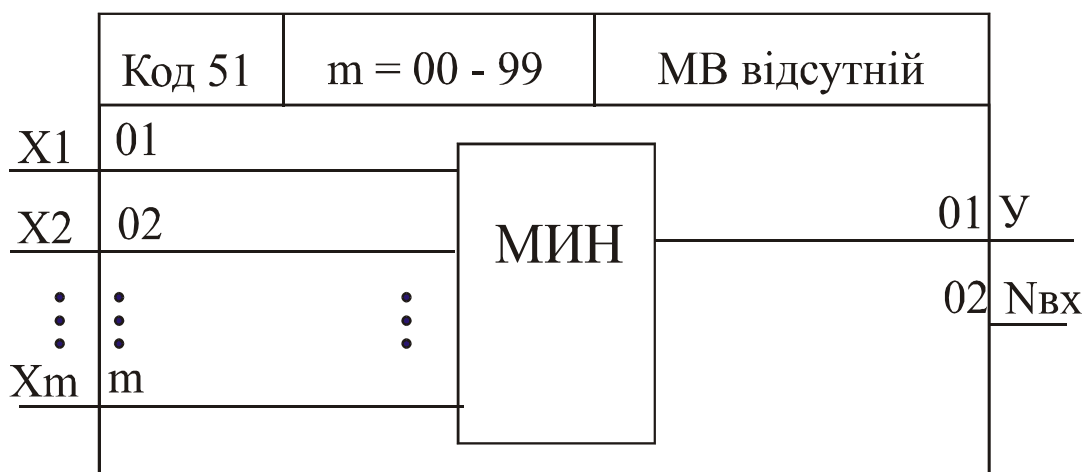


Рис. 4.38 Функціональна схема алгоритму МИН.

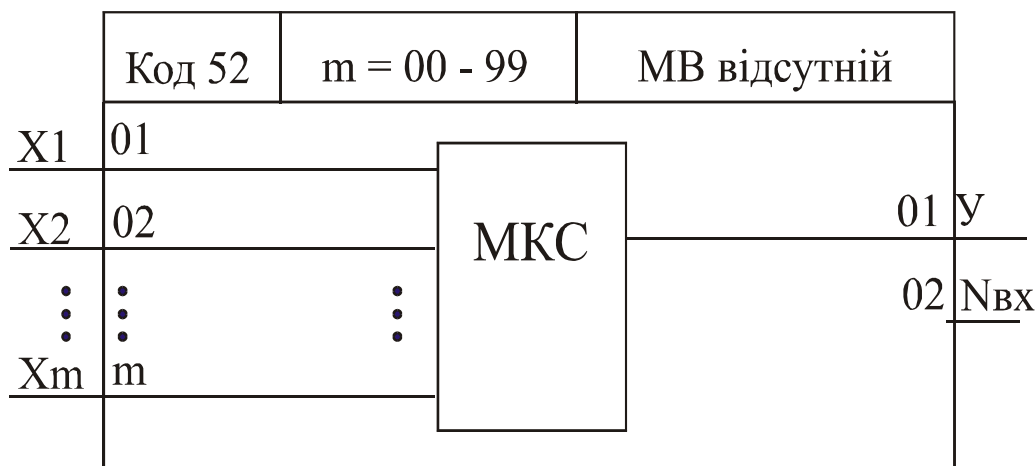


Рис. 4.39. Функціональна схема алгоритму МКС.

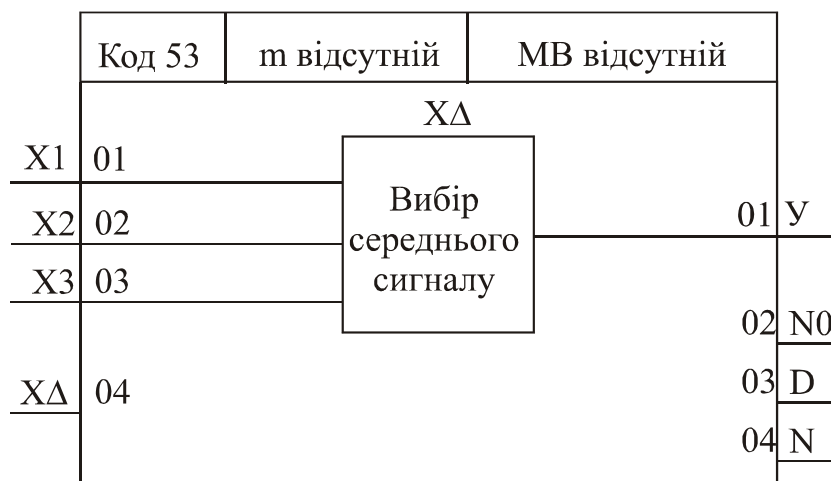


Рис. 4.40. Функціональна схема алгоритму СИТ.

Алгоритм ЕКС (код 54) - застосовується для пошуку і фіксації екстремального значення сигналу, що змінюється за часом. На рис. 4.41 зображено функціональну схему алгоритму, що містить фільтр низьких частот Тф і вузол виділення екстремуму ВЭК. На виходах Y_{max} і Y_{min} , фіксується останнє відповідно максимальне і мінімальне значення вхідного сигналу X. Виходи Y_{max} і Y_{min} , залишаються незмінними аж до виявлення чергового екстремуму. Момент виявлення максимуму чи мінімуму на час циклу роботи БК фіксується на дискретних виходах D_{max} і D_{min} видачею одиничного сигналу.

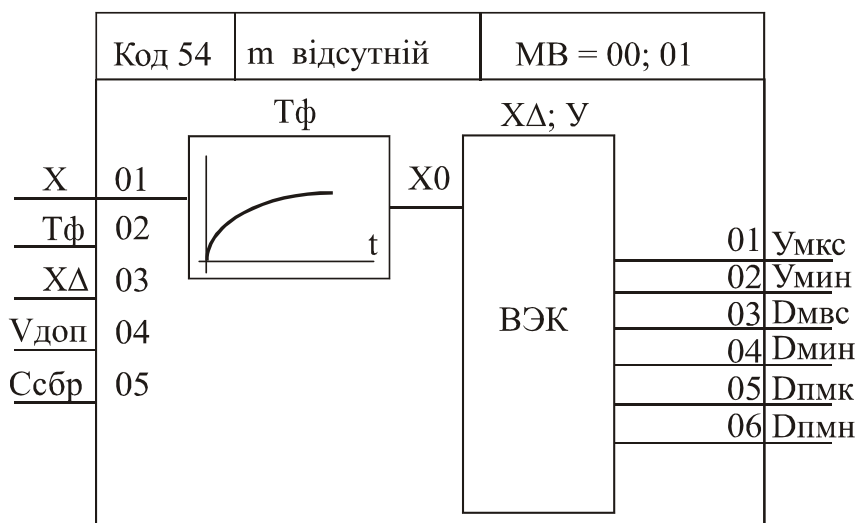


Рис. 4.41. Функціональна схема алгоритму ЕКС.

На дискретних виходах $D_{пмк}$ (пошук максимуму) і $D_{пмн}$ (пошук мінімуму) формуються сигнали, що свідчать про безперервність пошуку.

При $C_{сбр} = 1$ (команда скидання) пошук екстремуму не ведеться і $D_{пмк} = D_{пмн} = 0$. Зона нечутливості і стала часу фільтра задаються на настроєваних входах X_{Δ} і $T_{ф}$. На вході $V_{доп}$ встановлюється припустима швидкість зміни сигналу, при якій фіксується екстремум.

Алгоритм МСШ (код 55) - застосовується для масштабування кількох аналогових сигналів. На рис. 4.42 зображено функціональну схему алгоритму, в кожній ланці масштабування якої виконується співвідношення

$$Y_i = K_{mi} X_i, \quad (4.16)$$

де K_{mi} – масштабний коефіцієнт; X_i , Y_i – вхідний та вихідний сигнали.

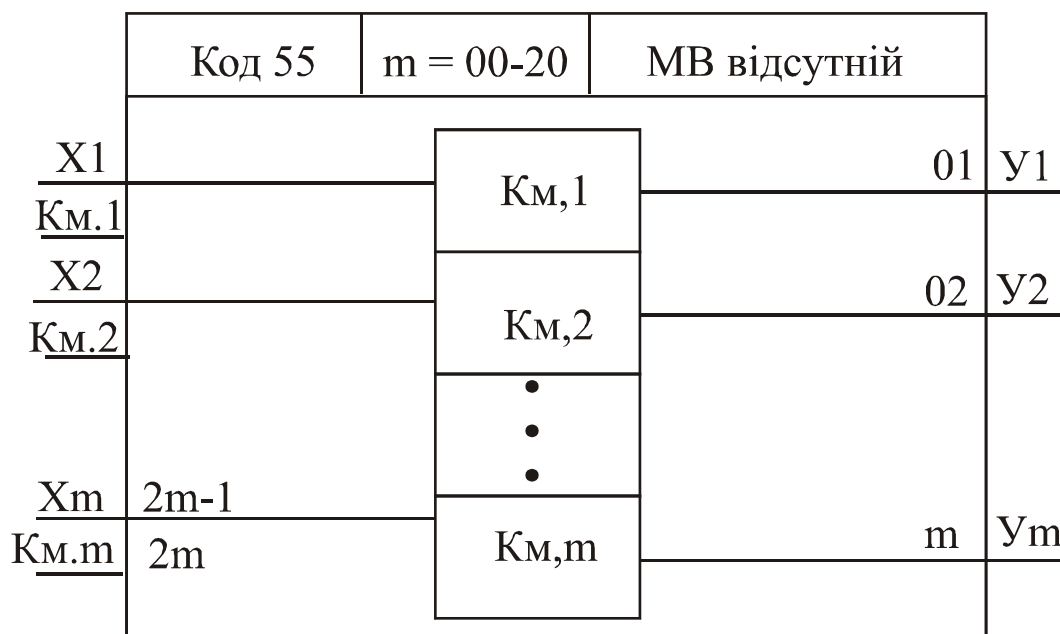


Рис. 4.42. Функціональна схема алгоритму МСШ.

Алгоритм ЗАИ (код 62) - застосовується для заборони підвищення чи зменшення сигналу в схемах технологічного захисту. На

рис. 4.43 зображено функціональну схему алгоритму, який містить вузли заборони, динамічного балансування і підсумовування. Вузол заборони працює в напрямку підвищення (Св-угору) чи зменшення (Сн-униз). Два дискретних виходи Dв і Dн сигналізують про роботу алгоритму в режимі заборони (Dз=Dн=1). Вузол балансування вмикається по команді дискретного сигналу Сб=1. При цьому в режимі Сн= 0 чи Св= 0 (команда заборони відсутня) вихідний сигнал формується за рівнянням

$$Y(k)=X(k)+Yб; \quad (4.17)$$

$$Yб=\sigma - V_бt, \quad (4.18)$$

де Yб – сигнал балансування; Vб - швидкість балансування; t – поточний час; σ - початкове значення сигналу балансування при t=0.

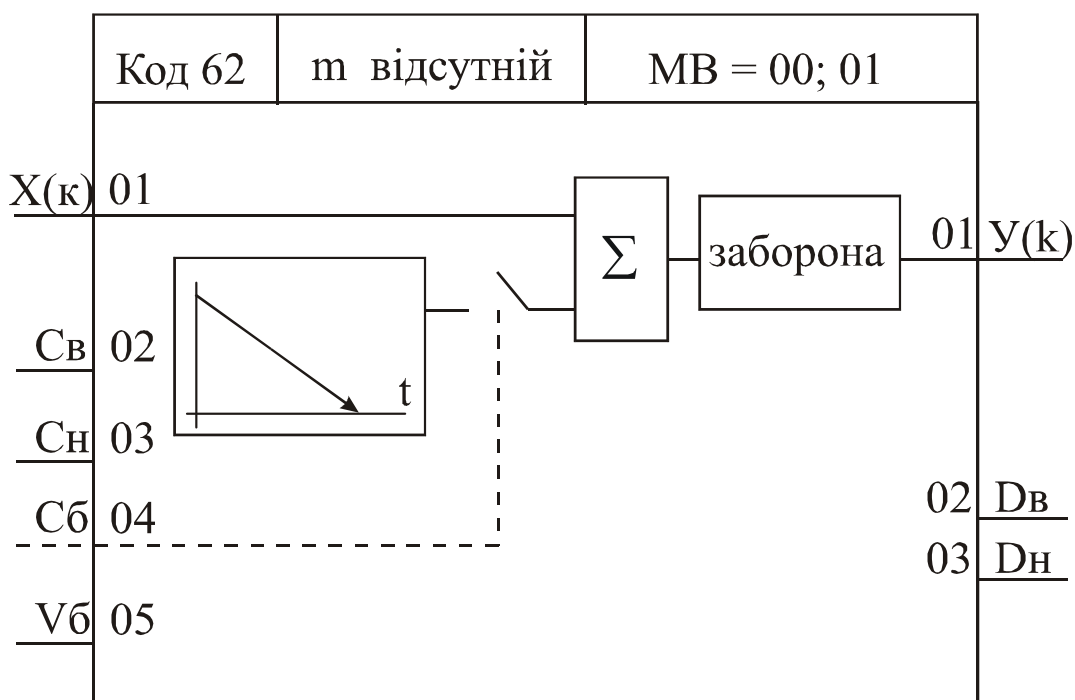


Рис. 4.43. Функціональна схема алгоритму ЗАИ.

Із виразів (4.17), (4.18) випливає, що в момент закінчення балансування $Y_b=0$, а $Y(k)=X(k)$. У разі надходження команди заборони, наприклад $C_b=1$, і підвищення $X(k)$ алгоритм переходить у режим "запрет вверх". При цьому $D_b=1$, а $Y(k)=Y_1=const$, де Y_1 - значення $Y(k)$ у момент надходження команди $C_b=1$. При відсутності балансування і команд заборони $Y(k)=X(k)$. Якщо $C_b = 1$ і $Y(k) < X(k)$, то алгоритм перейде в режим "запрет вверх" і на виході зберігатиметься постійне значення Y_1 доти, доки сигнал $Y_1 > X(k)$. Після цього режим заборони знімається і $Y(k) = X(k)$.

Алгоритм ЗАЗ (код 63) - застосовується для заборони переходу сигналу в зону додатних чи від'ємних значень. Найчастіше використовується з алгоритмом РИМ для заборони переміщення виконавчого механізму в напрямі "більше" чи "менше". На рис. 4.44а зображено функціональну схему алгоритму, що містить вузол заборони, який управляється вхідними дискретними сигналами C^+ і C^- , Вихідні сигнали D^+ і D^- фіксують відповідні режими заборони. Наприклад, по команді $C^+ = 1$ і $X(k) > 0$ забороняється перехід $Y(k)$ у зону додатних значень, при цьому на виході $D^+ = 1$.

Алгоритм СЧИ (код 86) - застосовується для порівняння чисел, коли потрібно зафіксувати досягнення числовою змінною N_i , заданого No_i значення. Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 4.44б.

Алгоритм містить до 20 незалежних каналів порівняння ($m=0...20$). При $m=0$ алгоритм не задіяний, Кожний канал порівнює між собою два числа, що надходять на вході N_i і No_i , та виробляє дискретний сигнал на виході D_i . Якщо $N_i < No_i$, то $D_i=0$. У протилежному разі $D_i=1$.

Виконання функціональних схем здійснюється за допомогою алгоритмів контролера, які зображені у вигляді однакових прямокутників довільних розмірів з урахуванням номеру алгоблоку і позначення алгоритму, системи зв'язків між входами і виходами (конфігурація) і наявності (при необхідності) інверсії сигналу на вході алгоритму. Крім того, на схемі бажано вказувати числові значення пара-

метрів настройки, що задаються на настроюваних входах алгоритмів, і відмічати, чи є даний параметр константою, що встановлюється в режимі програмування чи коефіцієнтом, який можна змінювати в режимі оперативного управління. При конфігуруванні необхідно керуватись такими правилами:

а)

	Код 63	m відсутній	МВ відсутній	
X(k)	01	заборона		01 Y(k)
C+	02			02 D+
C-	03			03 D-

б)

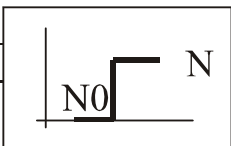


	Код 86	m = 00-20	МВ відсутній		
N1	01		01	D1	
N0.1	02				
N2	03		02	D2	
N0.2	04				
•	•	⋮	⋮	⋮	
•	•				
•	•				
Nm	2m-1		m	Dm	
No.m	2m				

Рис. 4.44. Функціональна схема алгоритму ЗАЗ (а) і СЧИ (б).

-будь-який вихід будь-якого алгоблока можна зв'язати з будь-яким входом будь-якого алгоблока чи залишити вільним;

- на будь-якому вільному вході будь-якого алгоблока можна вручну задавати сигнал у вигляді константи чи коефіцієнта;

- на будь-якому зв'язаному вході будь-якого алгоблока сигнал можна інверсувати.

У процесі конфігурування алгоблоків різнотипність сигналів на з'єднаних входах і виходах не є перешкодою для їх з'єднання. Єдине, що необхідно при цьому враховувати, - це взаємну відповідність діапазону зміни різних сигналів (табл. 4.16).

Таблиця 4.16. Відповідність сигналів на входах і виходах алгоблоків у процесі конфігурування.

Сигнал на вході алгоблока (приймач)	Сигнал на виході алгоблока			
	Аналоговий X%	Часовий T, с, хв, год	Числовий N	Дискретний C
1	2	3	4	5
Аналоговий X%	$X=X$	$X=T/4,096$	$X=N/40,96$	$X = -100$ при $C = 0$; $X = 100$ при $C = 1$
Часовий T, с, хв, год	$T=4,096$ при $0 < X < 199,9$ $T = 0$ при $X < 0$ $T = \infty$ при $X = 199,9$	$T=T$	$T = 0,1N$ при $0 < N < 8191$; $T = 0$ при $N < 0$, $T = \infty$ при $N = 8191$	$T = 0$ при $C = 0$; $T = 409,6$ при $C = 1$
Числовий N	$N = 40,96$ (ціла частина)	$N = 10T$ (ціла частина)	$N=N$	$N = -4096$ при $C=0$; $N=4096$ при $C=1$
Дискретний C	$C = 1$ при $X \geq 0$ $C = 0$ при $X < 0$	$C = 1$ при будь-якому T	$C = 1$ при $N > 0$; $C = 0$ при $N < 0$	$C=C$
Масштабний коефіцієнт K_m	$K_m = X/12,5$	$K_m = T/51,2$	$K_m = N/512$	$K_m = -8$ при $C = 0$; $K_m = 8$ при $C = 1$

Закінчення табл. 4.16

Коефіцієнт пропорційності K_p	$K_p = 0,64x$	$K_p = T/6,4$	$K_p = N/64$	$K_p = -64$ при $C=0$ $K_p = 64$ при $C=1$
Швидкість зміни V , %/с, %/хв, %/год	$V=X$ при $0 \leq X < 199,9$ $0 < X < 199,9$; $V = 0$ при $X < 0$; $V = \infty$ при $X = 199,9$	$V = T/4,096$	$V = N/40,96$ При $0 < N < 8191$ $V = 0$ при $N < 0$, $V = \infty$ при $N = 8191$	$V = 0$ при $C=0$. $V = 100$ при $C=1$
Тривалість імпульсу $T_{имп}$	$T_{имп} = 0,12x(40,96X + 1)$ при $0 < X < 0,75$ 7	$T_{имп} = 0,12x(10\% + 1)$ при $0 < T < 3.1$	$T_{имп} = 0,12x(N+1)$ при $0 < N < 31$	-

Як випливає з табл. 4.16 числові сигнали N на вході набувають лише цілих значень. При автопідстроюванні мінімальної тривалості імпульсу значення $T_{имп}$ обмежується знизу величиною $0,12$ с і зверху величиною $3,84$ с. Крім того взаємна відповідність присутня не тільки між безперервними сигналами, а й між безперервними і дискретними сигналами. Так, якщо вхід підсилювача зв'язати з входом D логічного алгоритму то при зміні D з нуля на одиницю сигнал на вході підсилювача X дискретно змінюється з -100 на 100% .

Приклад виконання фрагменту функціональної схеми показано на рис. 4.45.

Звичайно графічне зображення функціональної схеми доповнюється її табличним зображенням (табл. 4.17).

У табл. 4.17 наведено інформацію, яку зручно використовувати при її введенні в контролер за допомогою ПН при конфігуруванні. Згідно з правилами конфігурування конфігурація 00.00 означає, що на даному вході задається константа, а 00.01 - коефіцієнт. Усі інші

позначення (наприклад 10.01) задає, номер алгоблока - джерела (перше двозначна цифра) і номер його виходу (друга двозначна цифра). Для запобігання можливих; помилок при конфігуруванні у такій таблиці найчастіше вказуються стани і невикористані входи.

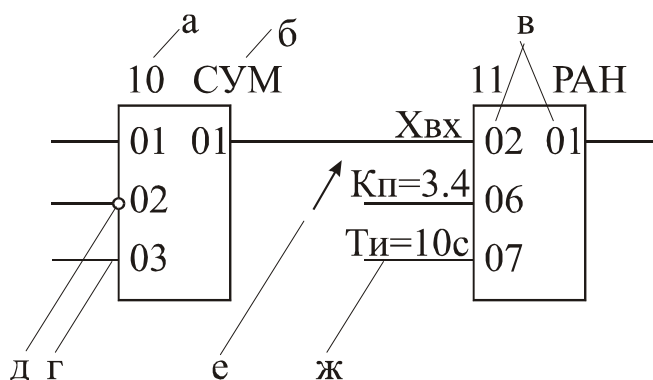


Рис. 4.45. Фрагмент функціональної схеми: а – номер алгоблока; б – позначення алгоритму та номер його коду з модифікатором; в – номер входу чи входу алгоритму; г – сигнал. без інверсії, д – інвертований сигнал; е – коефіцієнт; ж – константа.

Таблиця 4.17. Табличне зображення функціональної схеми

Номер алгоблока	Алгоритм			Конфігурація			Настройка
	код	m	МВ	Номер входу	Інв.	Конф.	
10	42	03	—	01	—	05.01	
				02	ІНВ.	07.02	
				03	—	20.05	
11	20	00	00	02		10.01	
				06		00.01	3.4
				07		00.00	10.0 с

Введення – виведення інформації забезпечується шляхом з'єднання відповідних кіл уводу-виводу блоків, як поміж собою, так і з зовнішніми пристроями. Призначення кіл уводу-виводу БК залежить від його модифікації і (усього 30) і не залежить від його моделі. Призначення кіл уводу-виводу інших блоків жорстко фіксовано. Бі-

льшість зовнішніх кіл підмикається до блоків за допомогою роз'ємів типів РП-15-9 на 9 чи РП 15-23 на 23 контакти. Однак ряд зовнішніх кіл підмикається під гвинт за допомогою клемних колодок, встановлених безпосередньо на блоках. До таких кіл належать кола термопар і термометрів опорів блоків БУТ і БУС, вихідні кола 220 В блоків БУМ, кола живлення та інтерфейсу блоків БП. При цьому використовуються клемно-блокові з'єднувачі типу КБС.

Блок контролера БК підмикається до зовнішніх кіл через три роз'єми, розміщені на заданій стінці шасі. Схему зовнішніх з'єднань БК зображено на рис. 4.46.

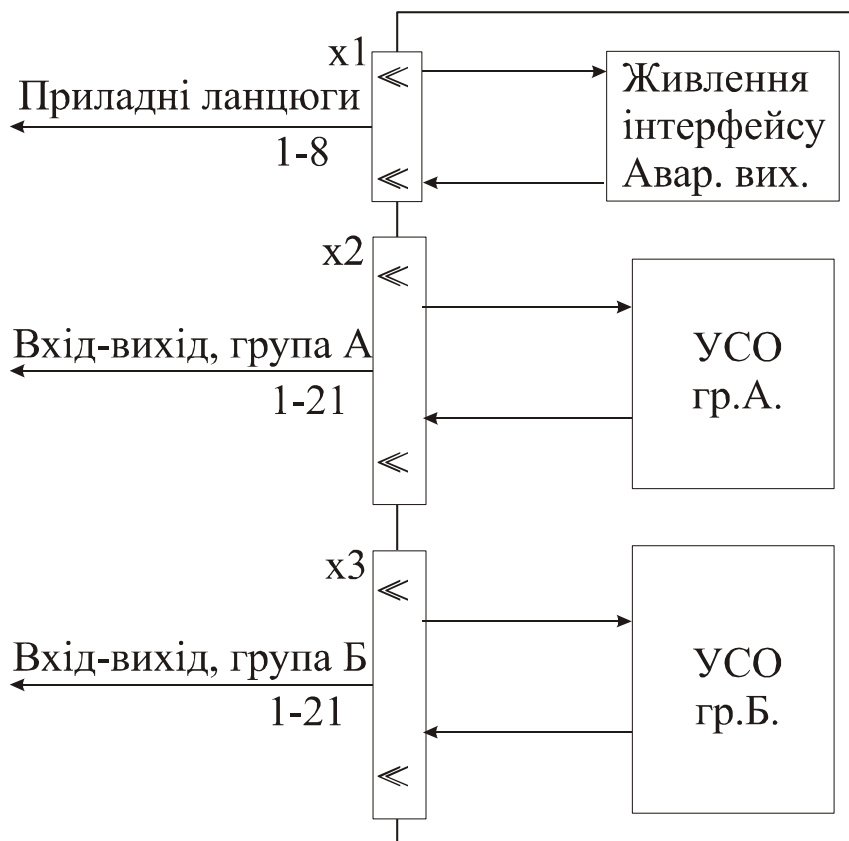


Рис. 4.46. Схема зовнішніх з'єднань блока БК: X1 – гніздо роз'єму РП15-9; X2, X3 - гніздо роз'єму РП 15-23.

Як випливає з рис. 4.46, через верхній роз'єм X1, "ПРИБ" підмикаються приладні кола, до яких належать кола живлення аварійного виходу та інтерфейсу. З дев'яти контактів роз'єму використо-

вуються лише вісім. При цьому схема підімкнення приладних кіл не залежить ні від моделі, ні від модифікатора БК.

Усі аналогові й дискретні кола УСО, підімкнені до БК, поділяються на дві групи А і Б. Обидва роз'єми УСО мають 23 контакти, з яких використовується лише 21. Склад модулів УСО визначає модифікацію БК, тому схема підімкнення зовнішніх кіл до роз'ємів УСО також залежить від модифікації БК. У табл. 4.18 наведено модифікації БК, а в табл. 4.19 – склад модулів УСО (всього 7), що визначають схему зовнішніх з'єднань для груп А і Б.

Згідно з табл. 4.18 кожна пара дискретних виходів може виконувати функції одного імпульсного виходу з колами "більше-менше". Двозначний код модифікації БК утворюється з'єднанням двох однозначних номерів, що характеризують тип входу-виходу для груп А і Б, при цьому перша цифра коду модифікації визначається типом входу-виходу групи А, а друга - групи Б.

Схему зовнішніх з'єднань приладного кола (роз'єму XI) блока БК з блоком БП зображено на рис. 4.47.

Контакти 1-2 (рис. 4.47) роз'єму XI утворюють зв'язок передавача інтерфейсу БК з приймачем абонента, контакти 3-4 - приймача інтерфейсу БК з передавачем абонента. Контакти 5, 6 і 8 утворюють два аварійних виходи, виконані у вигляді транзисторного ключа.

У нормальному стані НЗ (при відсутності відказу і вимкненому інтерфейсі) транзисторні ключі замкнені. В разі наявності відказу чи команди відімкнення інтерфейсу відповідний ключ розмикається. Контакти 7-8 утворюють зв'язок блоків по колах живлення. Вузол комутації інтерфейсу блока БП утворюють зв'язок роз'єму XI і колодки ХЗ, а вмонтовані реле із "сухими" перекидними контактами, що сигналізують про відказ БК, - зв'язок роз'єму XI і колодки Х4. Перетворювач змінної напруги 220 В у напругу 24 В постійного струму блока БП живить не лише блок БК, а й передавач інтерфейсу чи зовнішні пристрої.

Таблиця 4.18. Модифікації блока контролера БК

Номенклатура	Модифікація	Число входів - виходів			
		Аналогові входи	Аналогові виходи	Дискретні входи	Дискретні виходи
Аналогові входи – виходи	10	8	2	-	-
	11	6	4	-	-
Аналогові й дискретні входи - виходи	12	16	2	-	4
	13	8	2	-	16
	14	8	2	4	12
	15	8	2	8	8
	16	8	2	12	4
	17	8	2	16	-
Аналогові входи і дискретні виходи - входи	20	8	-	-	4
	22	16	-	-	8
	23	8	-	-	20
	24	8	-	4	16
	25	8	-	8	12
	26	8	-	12	8
	27	8	-	16	4
Дискретні входи виходи	30	-	-	-	16
	33	-	-	-	32
	40	-	-	4	12
	43	-	-	4	28
	50	-	-	8	8
	53	-	-	8	24
	60	-	-	12	4
	63	-	-	12	20
	70	-	-	16	-
	73	-	-	16	16
	74	-	-	20	12
	75	-	-	24	4
	76	-	-	28	4
	77	-	-	32	-

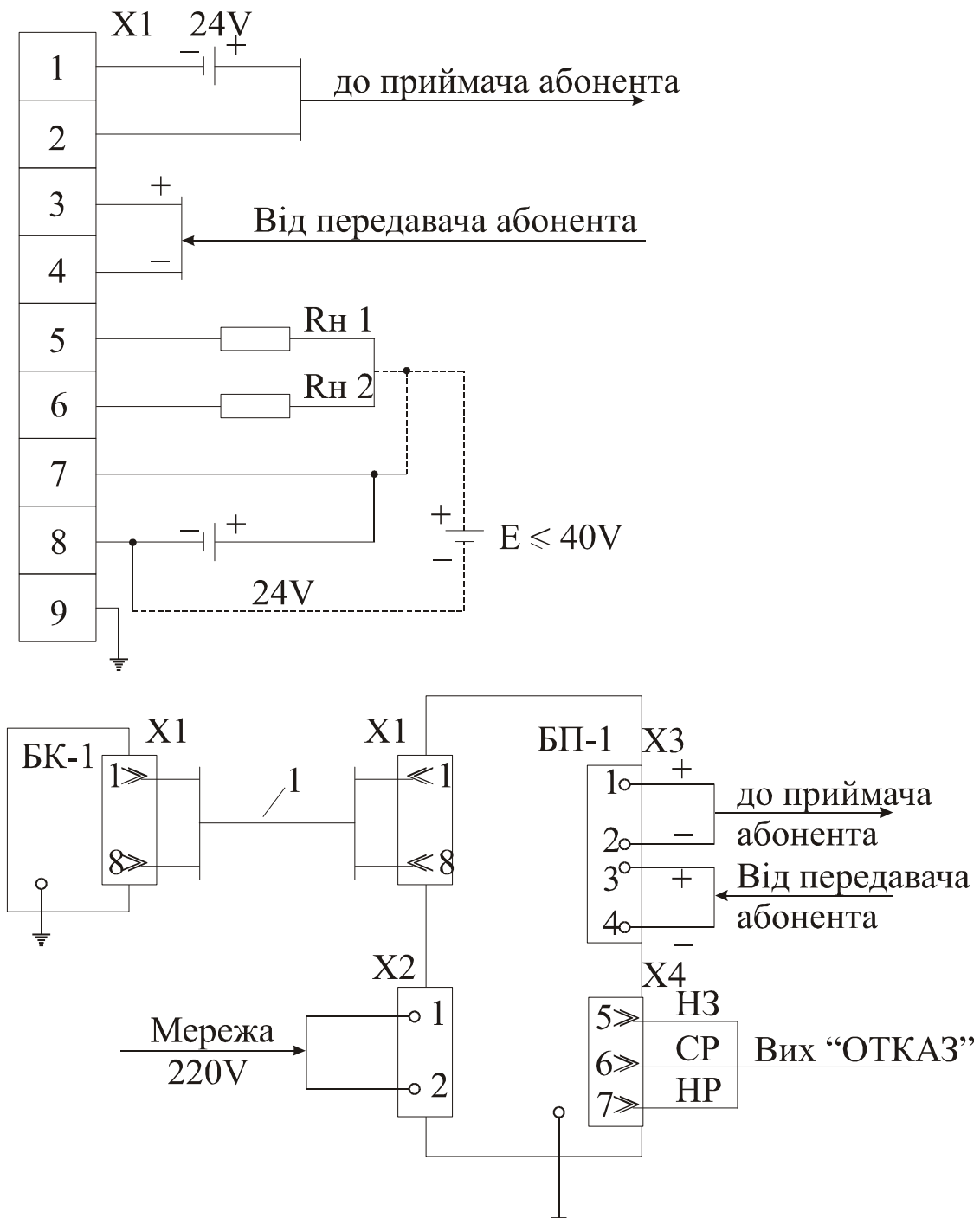


Рис.4.47. Схема зовнішніх з'єднань блоків БК і БП: І - міжблоковий з'єднувач МБС; НЗ - коло замкнене (контакт) при відсутності відмови і розімкнене при наявності відмови чи відсутності напруги живлення; НР - стан контакту інверсний відносно НЗ; СР - середня клемма кола контактів; ХІ, Х4 - роз'єми блоків; Х2, Х3 - клемні колодки.

Таблиця 4.19. Склад модулів УСО

Найменування модулів УСО		Тип входу-виходу	Число сигналів			
			Аналоговий вхід	Аналоговий вихід	Дискретний вхід	Дискретний вихід
МАС – модуль аналогових сигналів		1	8	2	-	-
МДА – модуль аналого-дискретних сигналів		2	8	-	-	4
МСД 0/16	модуль дискретних сигналів	3	-	-	-	16
МСД 4/12		4	-	-	4	12
МСД 8/8		5	-	-	8	8
МСД 12/4		6	-	-	12	4
МСД 16/0		7	-	-	16	-

Схему зовнішніх з'єднань 1-го типу (див. табл. 3.23) кіл входу-виходу блока БК показано на рис. 4.48.

Як випливає з рис. 4.48 кожний аналоговий вхід роз'єму Х2 чи Х3 підмикається до відповідного входу АЦП (контакти І-6). Для перетворення струмових сигналів 0...5, 0(4)...20 мА чи сигналу напруги 0...10 В від датчиків у сигнал 0...2 В використовуються нормуючі резистори РН, що підмикаються до промклемника, чи клемно-блокового з'єднувача КБС-3. Схеми підмікнення аналогових датчиків показано на рис. 4.49.

Діапазон двох аналогових виходів (рис. 4.49) 0...5 мА чи 0(4)...20 мА вибирається за допомогою перемичок під пайку, розмі-

щених у модулі УСО. Вибір діапазону аналогових входів і виходів для БК програмується за допомогою алгоритмів аналогового вводу і виводу. Аналогові виходи є пасивними, тому для їх живлення потрібне зовнішнє нестабілізоване джерело 24 В постійного струму.

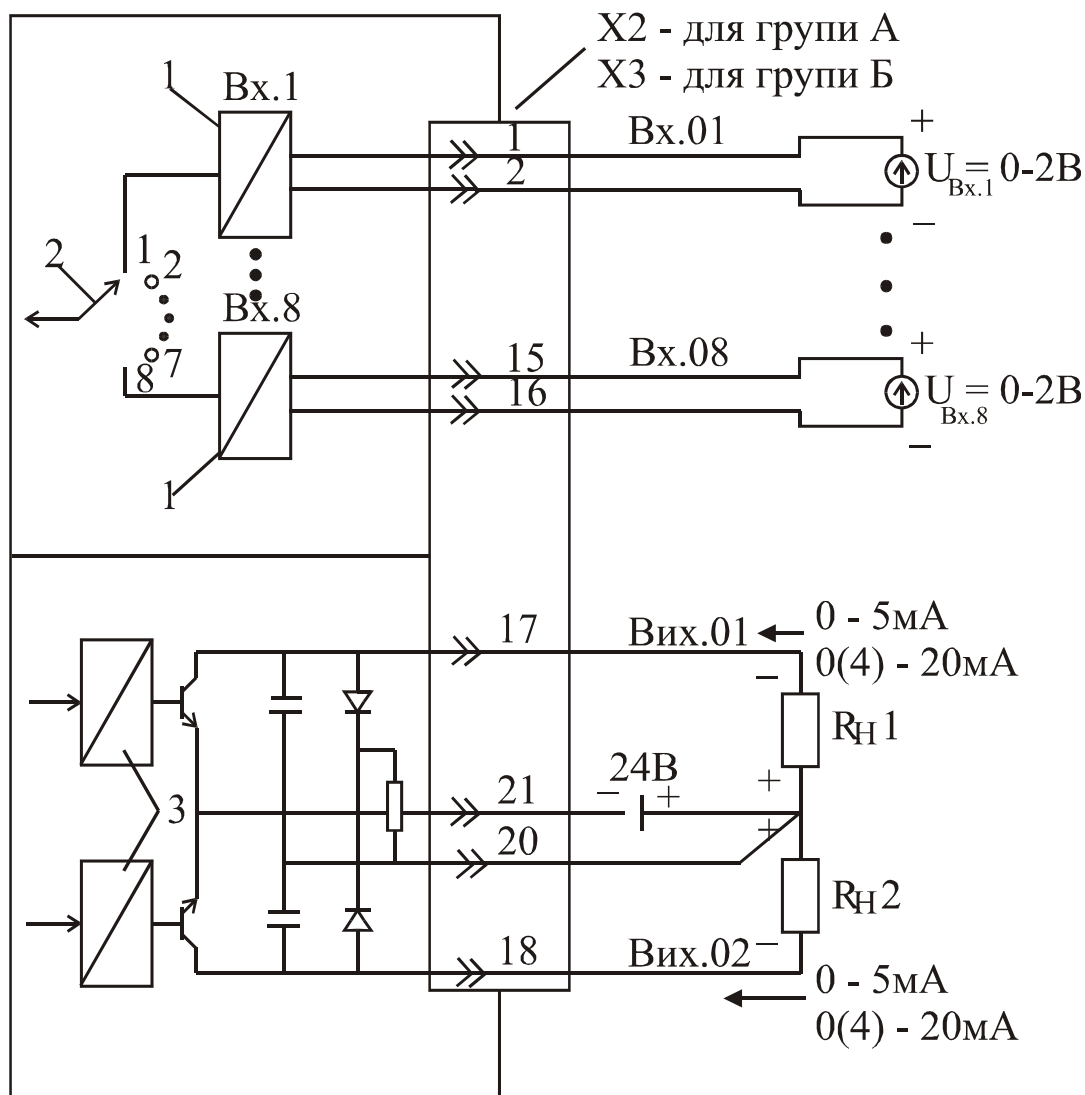
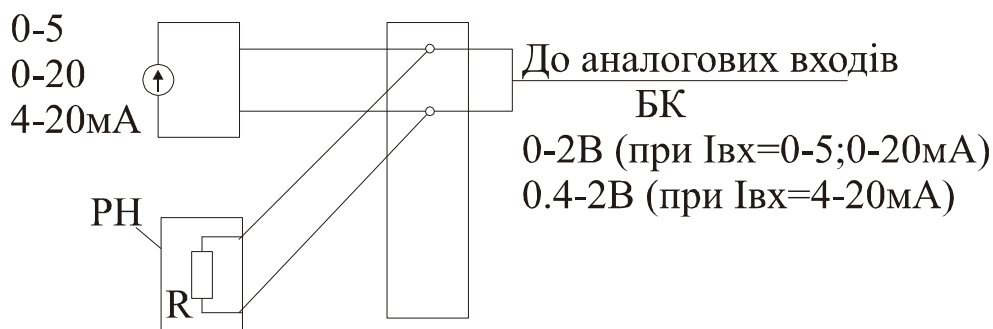


Рис.4.48. Схема зовнішніх з'єднань аналогових кіл входу-виходу, тип 1; 1- АЦП з гальванічним розв'язуванням; 2 - комутатор; 3 - ЦАП з гальванічним розв'язуванням; R_н - опір навантаження ($R < 2 \text{ кОм}$ при $I_{\text{вих}} = 0 \dots 5 \text{ мА}$ і $R < 0,5 \text{ кОм}$ при $I_{\text{вих}} = 0(4) \dots 20 \text{ мА}$).

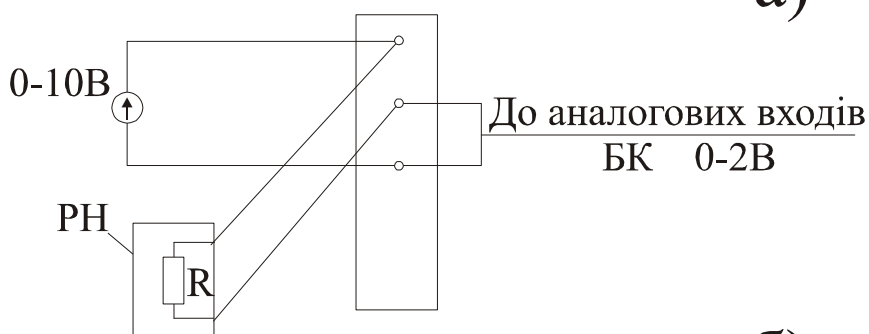
Схему зовнішніх з'єднань 2-го типу (див. табл. 4.19) аналого-дискретних кіл входу-виходу блока БК показано на рис. 4.50.

Організація аналогових входів така сама, як і для кіл типу I. Дискретні виходи виконано у вигляді транзисторного ключа, при

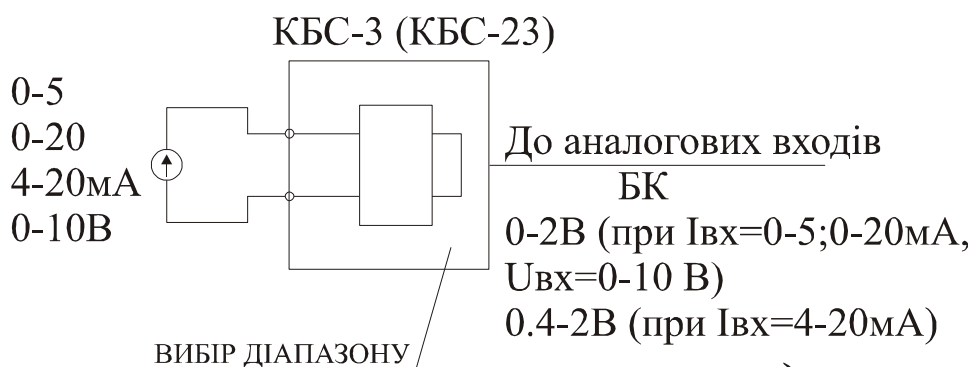
цьому логічному "0" відповідає розімкнений, а логічній "1" - замкнений стан ключа. Для живлення транзисторних ключів потрібне зовнішнє джерело напруги постійного струму. Кожна пара дискретних виходів, що мають загальну точку, може відігравати роль одного імпульсного виходу.



а)



б)



в)

Рис.4.49. Схеми підімкнення аналогових датчиків; а – підімкнення через промклемник струмових датчиків; б – те саме для датчиків напруги; в – підімкнення датчиків через КБС – 3.

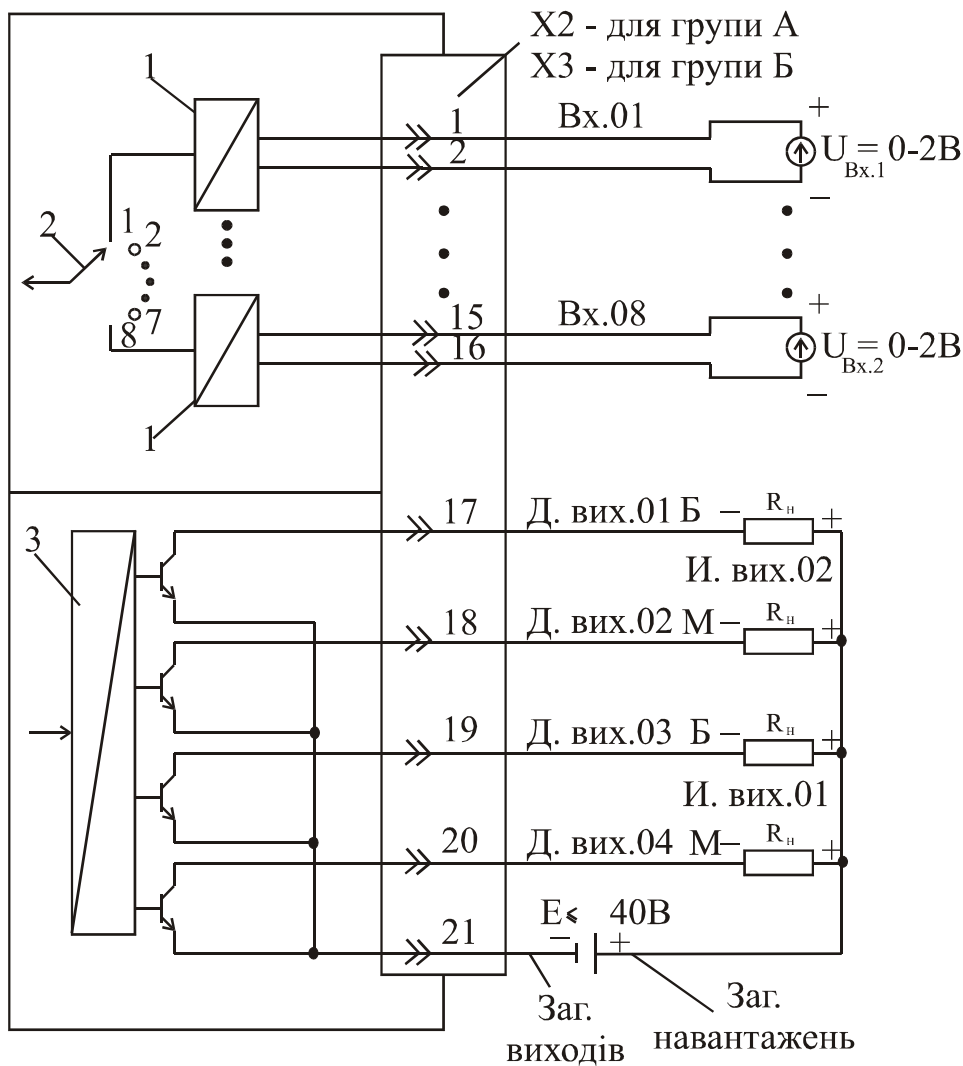


Рис.4.50. Схема зовнішніх з'єднань аналого-дискретних кіл входу-виходу, тип 2; 1 - АЦП з гальванічним розв'язуванням; 2 - комутатор; 3 - ЦДП з гальванічним розв'язуванням; Двих - дискретні виходи; Ивих - імпульсні виходи; М - коло "менше"; Б - коло "більше".

Схеми зовнішніх з'єднань дискретних кіл входу-виходу типів 3-7 мають однакову кількість 16, але відрізняються співвідношенням числа входів і виходів. На рис. 4.51 зображено схему зовнішніх з'єднань дискретних кіл входу-виходу типу 5 блока БК.

Як впливає із порівняння рис. 4.50 і 4.51, організація кіл входу-виходу аналогічна. На рис. 4.52-4.54 зображено узагальнені схеми зовнішніх з'єднань для ланцюгів УСО типів 1-2 і 3-7.

Блок живлення БП підмикається до зовнішніх кіл за допомогою двох роз'ємів (ХІ, Х4) типу РПІ5-9 і двох клемних колодок (Х2, Х3) - одна на дві, а друга на чотири клеми. Схему зовнішніх з'єднань блока БП зображено на рис. 4.55.

Через роз'єм ХІ (рис.3.70) блок БП з'єднується з приладним 5 роз'ємом БК за допомогою з'єднувача МБС. Через роз'єм Х4 до БП підмикаються зовнішні навантаження, що розраховані на живлення 24 В, а також зовнішні кола, які управляються дискретним сигналом "відказ". До "Вих.І" можна підімкнути навантаження струмом до 0,3 А. На "вих.2" формується та сама напруга, яка живить БК. До клемної колодки Х3 підмикаються зовнішні інтерфейсні кола. Блок БП містить реле Р2, за допомогою якого по команді контролера передавач БК замикається на його приймач, а передавач абонента - на приймач абонента. Це дає змогу виконувати тестування інтерфейсного каналу БК і зберігати безрозривну локальну мережу "Транзит" при відмові БК чи його інтерфейсного каналу. Якщо БК придатний (немає аварійних команд від БК), його аварійні виходи замкнені, а реле Р1 і Р2 знаходяться під напругою. Цьому стану відповідають положення контактів реле на рис. 3.69. Напруга мережі подається на клемну колодку Х2.

Блоки підсилювачів для термопар БУТ і термометрів БУС мають два незалежних канали підсилення. На рис. 4.56 зображено схему зовнішніх з'єднань блока БУТ.

Термометри ТП підмикаються до клем 2-3 і 5-6. Термометри R, розміщені в зоні клемної колодки, забезпечують автоматичну компенсацію вільних кінців термопар. Джерела напруги низького рівня (Uвх1 і Uвх2) підмикаються до клем 1-3 і 4-б в обхід схеми компенсації. Схему зовнішніх з'єднань блока БУС зображено на рис 4.57.

Як впливає з рис. 4.57, термометри опору ТС підмикаються до колодки Х2 за трипровідною схемою. Внутрішні джерела струму $I_{тс} = 2$ мА забезпечують живлення ТС стабілізованим струмом.

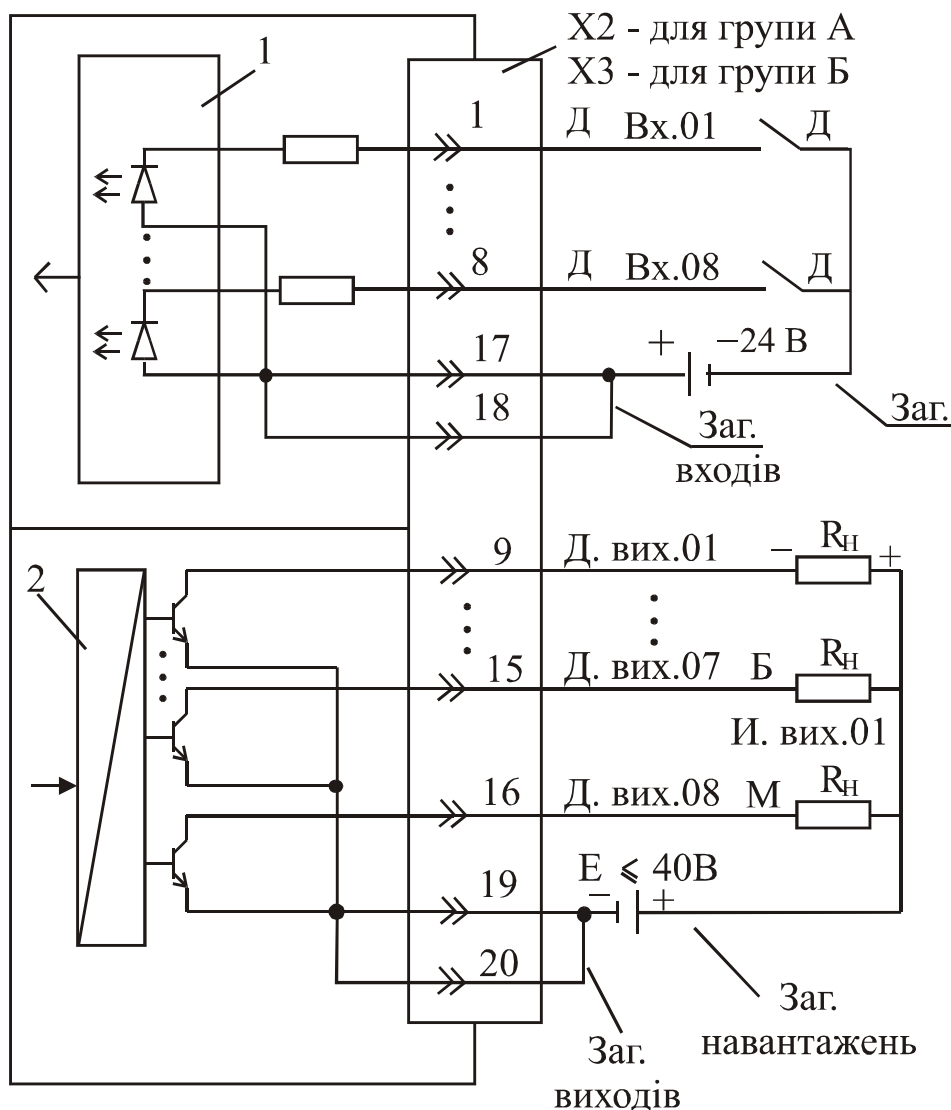
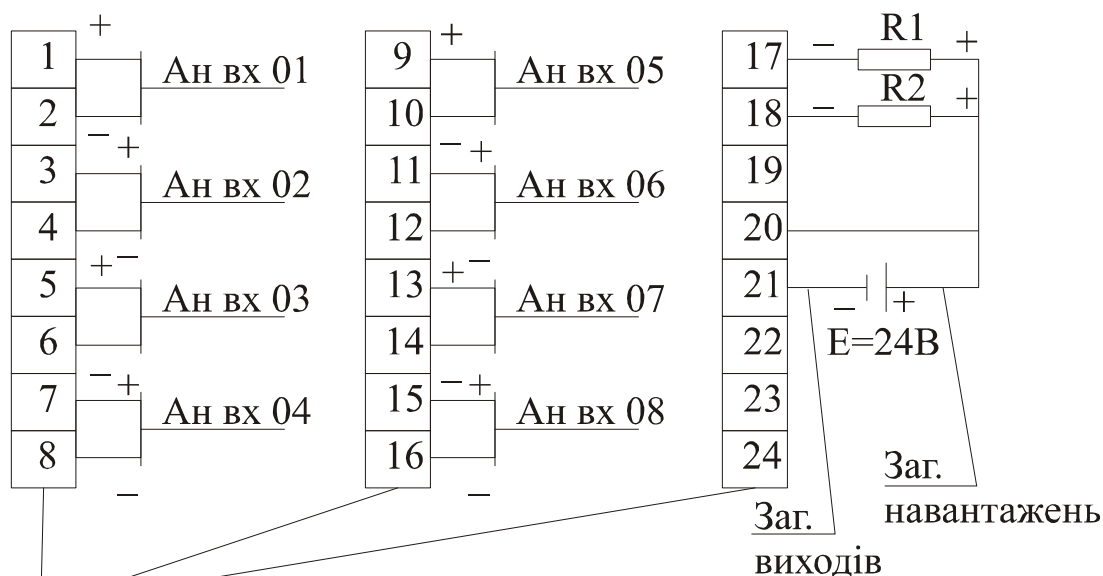


Рис.4.51. Схема зовнішніх з'єднань дискретних кіл входу-виходу, тип 5: 1 - ДЦП з гальванічним розв'язуванням; 2 - ЦДП з гальванічним розв'язуванням; Д - датчик ("сухий" контакт); Двх - дискретний вхід; Двих - дискретний вихід; Ивих- імпульсний вихід; М - коло "менше"; Б- коло "більше".

Блок підсилювачів потужності БУМ, схему якого показано на рис. 4.58, має чотири реле РІ-Р4 з нормально розімкненими контактами. Вихідні кола підмикаються через клемну колодку Х2, які попарно зв'язані та гальванічно ізольовані від інших кіл.

Вхідні кола, що підмикаються за допомогою роз'єму ХІ, мають загальну точку, яка через джерело 24 В приєднується до загальної точки джерел сигналів. Дія вхідних сигналів залежить від сигналів на вході "заборона". Коли цей сигнал відсутній, реле РІ-Р4 можуть

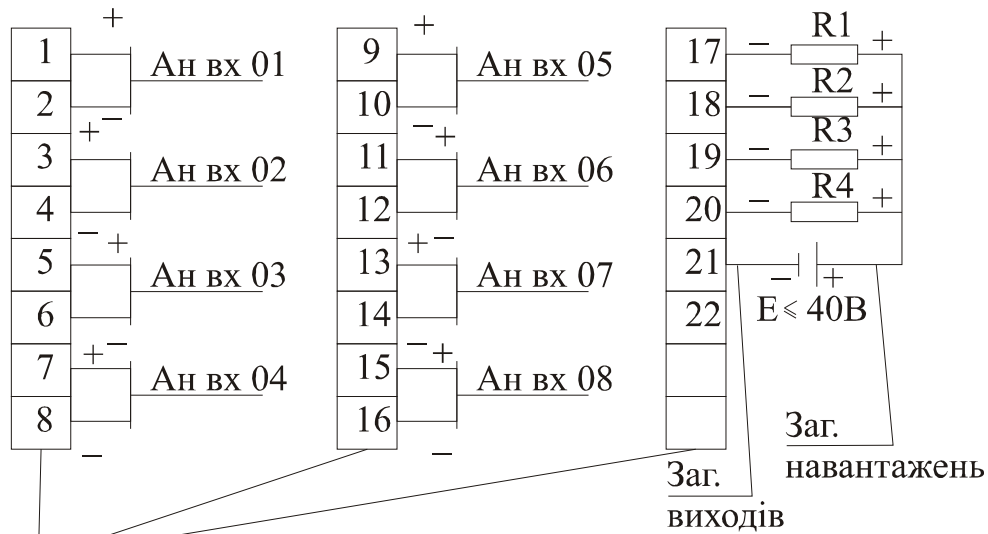
спрацьовувати, а при наявності сигналу "заборона" - спрацьовування всіх реле блокується. Окрім індивідуальних входів блок БУМ має також груповий вхід. Сигнал на цьому вході приводить до одночасного спрацьовування всіх реле незалежно від наявності сигналів на окремих входах.



№	Входи – виходи типу 1 (8 анал. вх. і 2 анал. вих.)		№	Входи – виходи типу 1 (8 анал. вх. і 2 анал. вих.)	
1	+	Анал вх. 01	13	+	Анал вх. 07
2	-		14	-	
3	+	Анал вх. 02	15	+	Анал вх. 08
4	-		16	-	
5	+	Анал вх. 03	17	Анал вих. 01	
6	-		18	Анал вих. 02	
7	+	Анал вх. 04	19	Вільний	
8	-		20	Загальних навантажень	
9	+	Анал вх. 05	21	Загальних виходів	
10	-		22	Вільні	
11	+	23			
12	-	24			

Рис.4.52. Схема зовнішніх з'єднань для аналогових входів-виходів БК, тип 1.

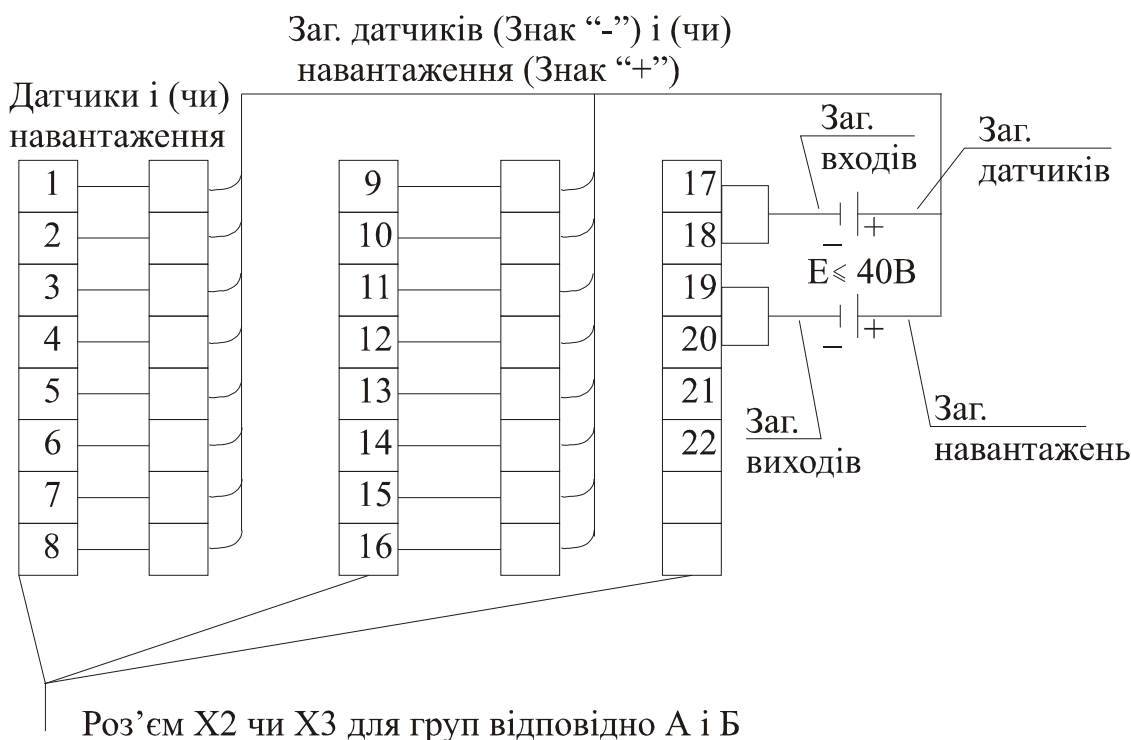
Блок перемикання БПР побудований аналогічно, але на вході має роз'єм РПІ5-9 на дев'ять контактів (вісім входів), а на виході - роз'єм РПІ5-23 на 23 контакти (вісім виходів).



Роз'єм Х2 чи Х3 для груп А чи Б;
чи КБС-3; R1- R4 - дискр. навантаження

Входи – виходи типу 2 (8 анал. вх. і 4 дискр. вих.)			Входи – виходи типу 2 (8 анал. вх. і 4 дискр. вих.)		
1	+	Анал вх. 01	13	+	Анал вх. 07
2	-		14	-	
3	+	Анал вх. 02	15	+	Анал вх. 08
4	-		16	-	
5	+	Анал вх. 03	17	Дискретний вих. 01	
6	-		18	Дискретний вих. 02	
7	+	Анал вх. 04	19	Дискретний вих. 03	
8	-		20	Дискретний вих. 04	
9	+	Анал вх. 05	21	Заг. дискр. вих.	
10	-		22	Вільні	
11	+	23			
12	-	24			

Рис.4.53. Схема зовнішніх з'єднань для аналогових входів виходів БК, тип 2.



№	Тип входів – виходів									
	3 (16 вих)		4 (4вх, 12вих)		5 (8вх, 8вих)		6 (12вх, 4вих)		7 (16 вх)	
1	вих 01		вх 01		вх 01		вх 01		вх 01	
2	вих 02		вх 02		вх 02		вх 02		вх 02	
3	вих 03		вх 03		вх 03		вх 03		вх 03	
4	вих 04		вх 04		вх 04		вх 04		вх 04	
5	вих 05		вх 01		вх 05		вх 05		вх 05	
6	вих 06		вх 02		вх 06		вх 06		вх 06	
7	вих 07		вх 03		вх 07		вх 07		вх 07	
8	вих 08		вх 04		вх 08		вх 08		вх 08	
9	вих 09	Б И 4 М	вих 05	Б И 4 М	вих 01	Б И 4 М	вх 09		вх 09	
10	вих 10		вих 06		вих 02		вх 10		вх 10	
11	вих 11	Б И 3 М	вих 07	Б И 3 М	вих 03	Б И 3 М	вх 11		вх 11	
12	вих 12		вих 08		вих 04		вх 12		вх 12	
13	вих 13	Б И 2 М	вих 09	Б И 2 М	вих 05	Б И 2 М	вих 01	Б И 2 М	вх 13	
14	вих 14		вих 10		вих 06		вих 02		вх 14	

15	вих 15	Б М И 1	вих 11	Б М И 1	вих 07	Б М И 1	вих 03	Б М И 1	вх 15
16	вих 16		вих 12		вих 08		вих 04		вх 16
17	Заг. входів (кола 17; 18 з'єднані)								
18									
19	Заг. виходів (кола 19; 20 з'єднані)								
20									
21- 24	Вільні								

Рис. 4.54. Схема зовнішніх з'єднань для аналогових входів – виходів БК; тип 3-7.

На рис. 4.59 як приклад показано схему зовнішніх з'єднань, що реалізує за допомогою блоків Р-І30 (БК-І, БУТ-І0, БУМ-І0 і двох БП-І) фрагмент функціональної схеми автоматизації технологічного процесу.

Згідно з умовною функціональною схемою (рис. 4.59), вона реалізує чотири АСР (наприклад, двох температур, рівня і тиску), а також забезпечує сигналізацію і блокування при відхиленні технологічних параметрів від регламентованих значень.

Реалізація функціональної схеми здійснюється на основі блока БК-1 модифікації 15, що передбачає вхід-вихід груп А типу І і вхід-вихід груп Б типу 5. У схемі (рис. 4.59) задіяні: чотири аналогових вхідних сигнали, із них дві термопари (І і 2), один струмовий сигнал від датчика (3) 4... 20 мА і один сигнал від датчика тиску (4) напругою 0...10 В; два аналогових вихідних сигнали 0...5 мА, що надходять на перетворювачі типу ЕПІ (5 і 6) і чотири дискретних вхідних сигнали у вигляді "сухих" контактів (7-10), що вмонтовані у вторинні прилади; два дискретних виходи 24 В на навантаження 11 і 12; два дискретних виходи 220 В на навантаження 13 і 14; два імпульсних виходи, навантаження яких мають умонтовані джерела живлення 15 і 16.

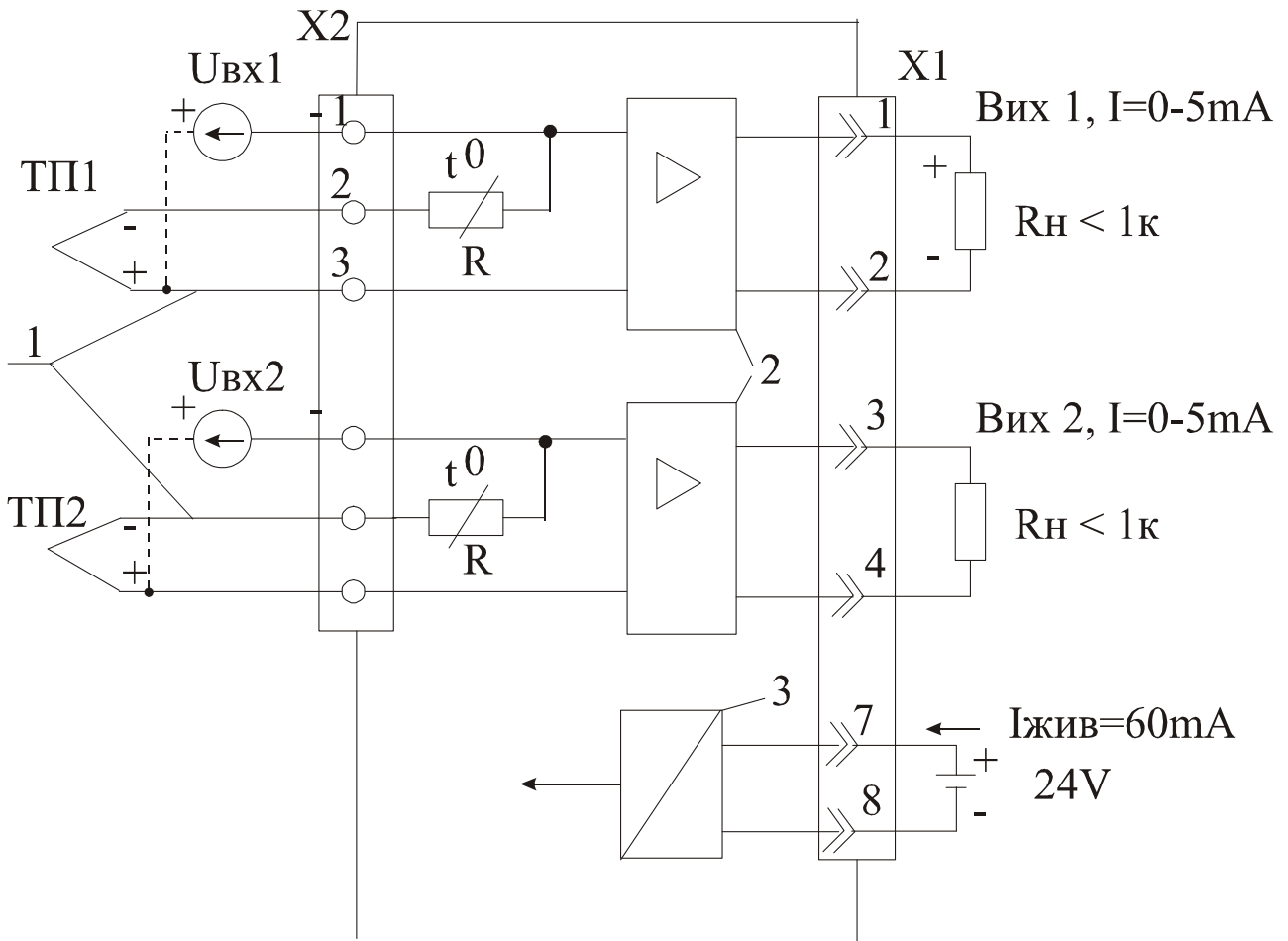


Рис. 4.56. Схема зовнішніх з'єднань блока БУТ: 1 – компенсаційний провід; 2 – підсилювачі; 3 – стабілізатор з гальванічним розв'язанням; ТП – термопари; R_H – навантаження; X2 – клемна колодка під гвинт М4; X1 – гніздо роз'ємну РП15-9.

Для підсилення сигналів термопар використовується підсилювач БУТ-10, а для формування дискретного виходу 220 В - підсилювач БУМ-10. Контролер зв'язаний інтерфейсом з передавачем 17 і приймачем 18 абонента. Живлення контролера здійснюється через лівий блок БП від мережі змінної напруги 220 В.

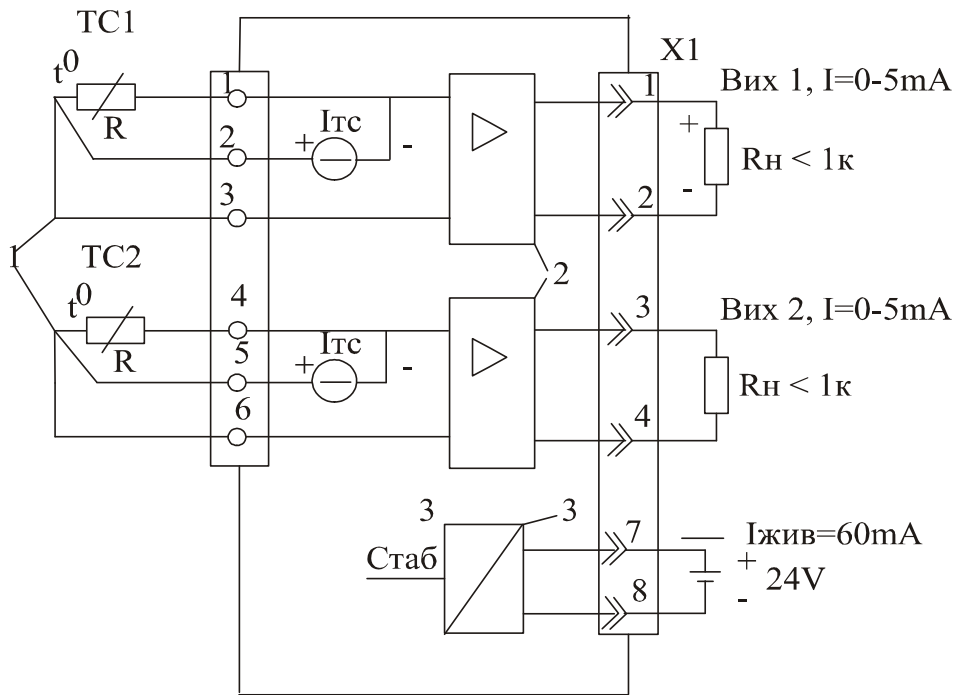


Рис. 4.57. Схема зовнішніх з'єднань блока БУС: 1 - трипровідне коло ТС; 2 - підсилювачі; 3 - стабілізатор; ТС - термометри опору; $I_{тс} = 2$ мА струм живлення; R_n - навантаження; X2 - клемна колодка під гвинт М4; X1 - гніздо роз'єму РПІ5-9

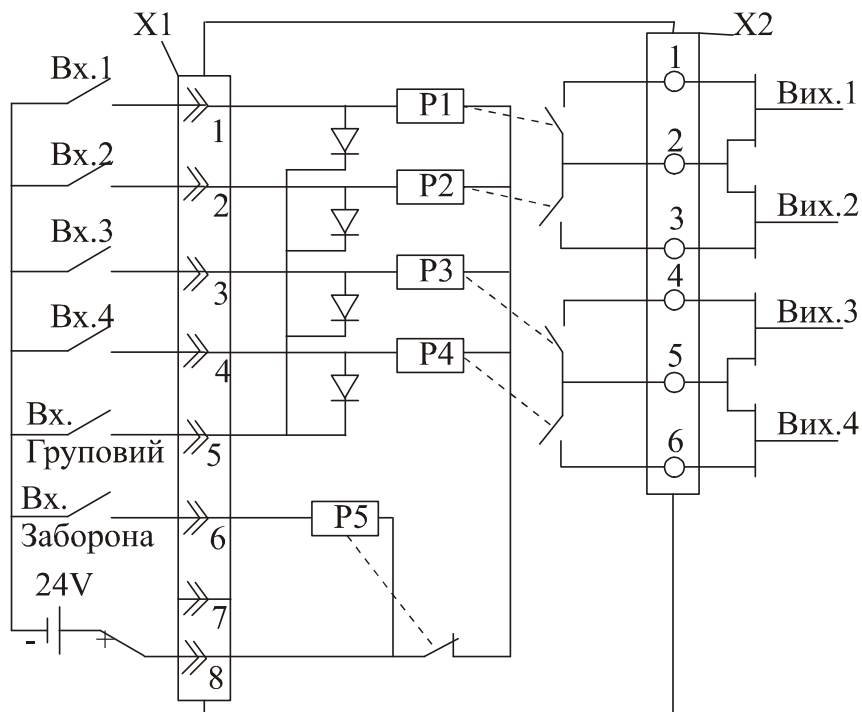


Рис. 4.58. Схема зовнішніх з'єднань блока БУМ: 1 - індикація заборони; 2 - підімкнення загальної точки із заборonoю; X1 - гніздо роз'єму РПІ5-9; X3 - клемна колодка під гвинт М4; P1...P4 - реле РПГ8; P5 - реле РЭС55А.

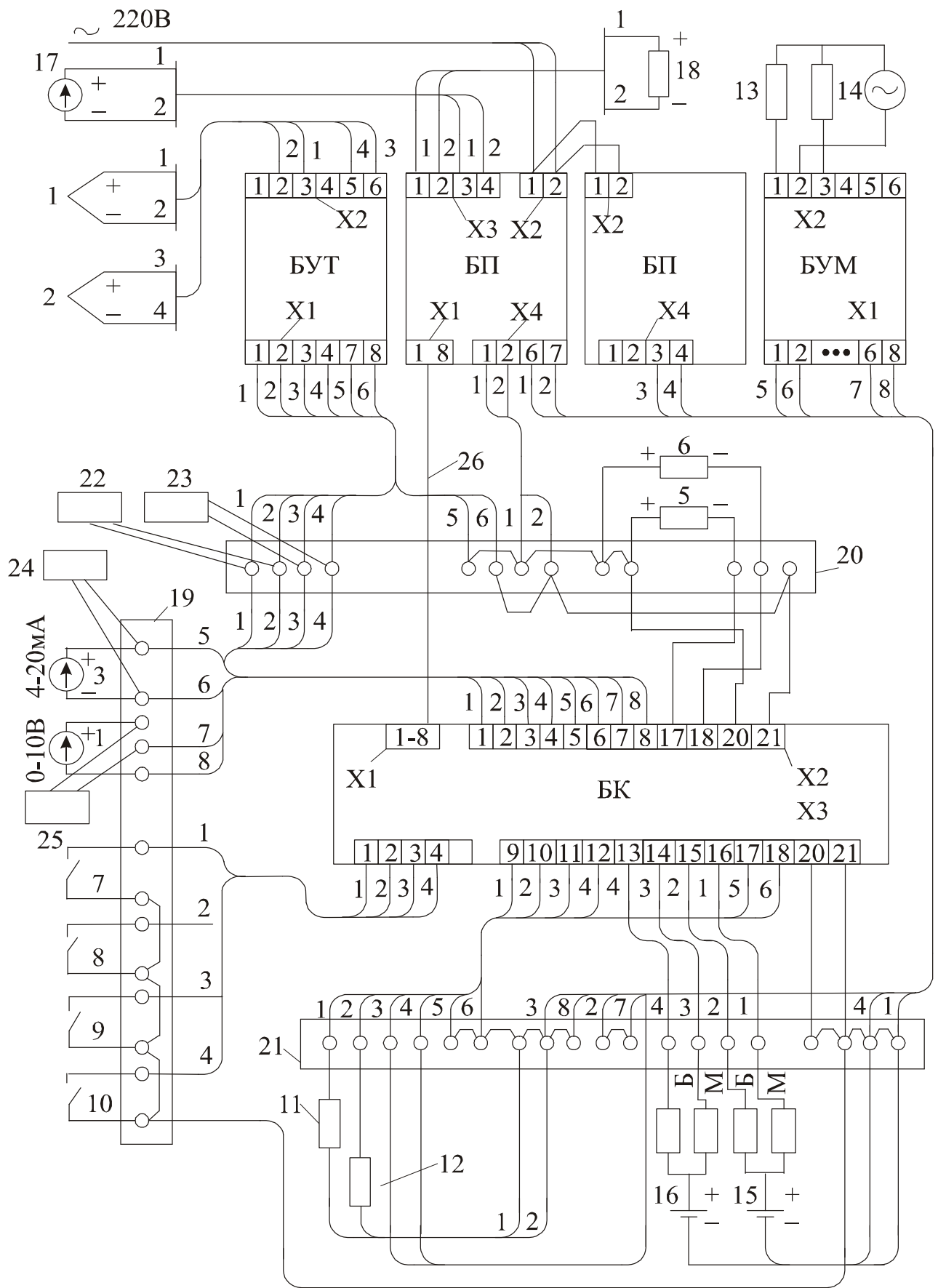


Рис.4.59. Схема зовнішніх з'єднань блоків Р-130 з датчиками і виконавчими механізмами.

Розподіл вхідних і вихідних сигналів по входах – виходах БК подано в табл.4.20.

Таблиця 4.20. Розподіл сигналів блока БК для груп А і Б

Сигнали	Група, тип	Входи-виходи	Підсилювачі
Аналогові входи:			
термопара (1)	А, 1	01	БУТ-10
термопара (2)		02	БУТ-10
струмовий сигнал 4...20 мА (3)		03	
сигнал навантаження 0...10 В (4)		04	
Аналогові виходи:			
вихід 0...5 мА (5)		01	
вихід 0...5 мА (6)		02	
Дискретні входи:			
контакт (7)	Б,5	01	
контакт (8)		02	
контакт (9)		03	
контакт (10)		04	
Дискретні виходи:			
вихід 24 В (I1)		01	
вихід 24 В (I2)		02	
вихід 240 В (I3)		03	БУМ-10
вихід 240 В (I4)		04	БУМ-10
Імпульсні виходи:			
вихід "М-Б" (I5)		01	
вихід "М-Б" (I6)		02	

Для підімкнення зовнішніх кіл і міжблокової комутації використовуються промклемники 19-21. Термопари 1 і 2 підімкнені безпосередньо до клемної колодки XI підсилювача БУТ-10. Виходи підсилювача надходять на аналоговий вхід БК (роз'єм X2, група А). Оскільки на виході підсилювача сигнал має діапазон 0...5 мА, паралельно кожному з виходів на промклемнику 20 встановлено резистори 22 і 23 типу РН-І, що перетворюють сигнал 0...5 мА в напругу 0...2 В.

Для такого самого перетворювання паралельно джерелу струму 3 (датчик рівня) на промклемнику 19 встановлюється резистор 1, а джерелу 4 (датчик тиску) - послідовно резистор 25. Два аналогових навантаження 5 і 6 (ЕПП) через промклемник підімкнені до аналогових виходів БК (роз'єм Х2). Аналогові виходи живляться джерелом напруги 24 В, що сформована на виході І лівого блока БП. Налаштування аналогових виходів на сигнал 0...5 мА здійснюється за допомогою переминок на платі модуля УСО.

Через промклемник 19 до дискретних виходів БК підімкнено чотири дискретних вхідних сигнали у вигляді контактів 7-10 вторинних приладів, що вимірюють технологічні параметри (роз'єм Х3). Дискретні входи живляться напругою 24 В, що сформована на виході 2 правого блока БП. Два дискретних навантаження 11 і 12 на 24 В (сигнальні лампочки чи реле) через промклемник 21 підімкнені до дискретних виходів контролера (роз'єм Х3). Живлення цих навантажень здійснюється також правим блоком БП (вих.2). До дискретних виходів БК через промклемник 21 підімкнені також два дискретних входи підсилювача БУМ. Ці виходи БК живляться правим блоком БП (вих.2). Два дискретних навантаження 13 і 14 на 220 В (електромагнітні клапани блокування) підімкнені безпосередньо до клемної колодки Х2 блока БУМ. У блоці БУМ задіяне коло заборони. Це коло активізується в разі формування лівим за схемою блоком БП сигналу відказу (роз'єм Х4). Коло заборони живиться так само, як і дискретні входи-виходи БК.

Два навантаження 15 і 16 через промклемник 21 підімкнені до дискретних виходів, які програмно (за допомогою алгоритму імпульсного виводу) настроєні на функції імпульсних виходів. При цьому навантаження 15 підімкнене до імпульсного виходу 01, а навантаження 16 - до імпульсного виходу 02. Як випливає зі схеми, імпульсні навантаження активні, тобто мають вмонтовані джерела живлення.

Таким чином, у блоці БК розглянутої схеми з восьми аналогових виходів використовується лише 4, а з восьми дискретних - також

4. Дискретні виходи використовуються повністю, з чотирьох каналів блока БУМ - тільки два канали.

Приклади побудови автоматичних систем регулювання, що розглянуті нижче, виконані за допомогою алгоритмів регулювальної моделі Р-130. У кожному контролері можна реалізувати до чотирьох незалежних чи взаємозв'язаних АСР.

АСР стабілізації технологічного параметра, схему якої показано на рис. 4.60, реалізована на базі алгоритму РАН.

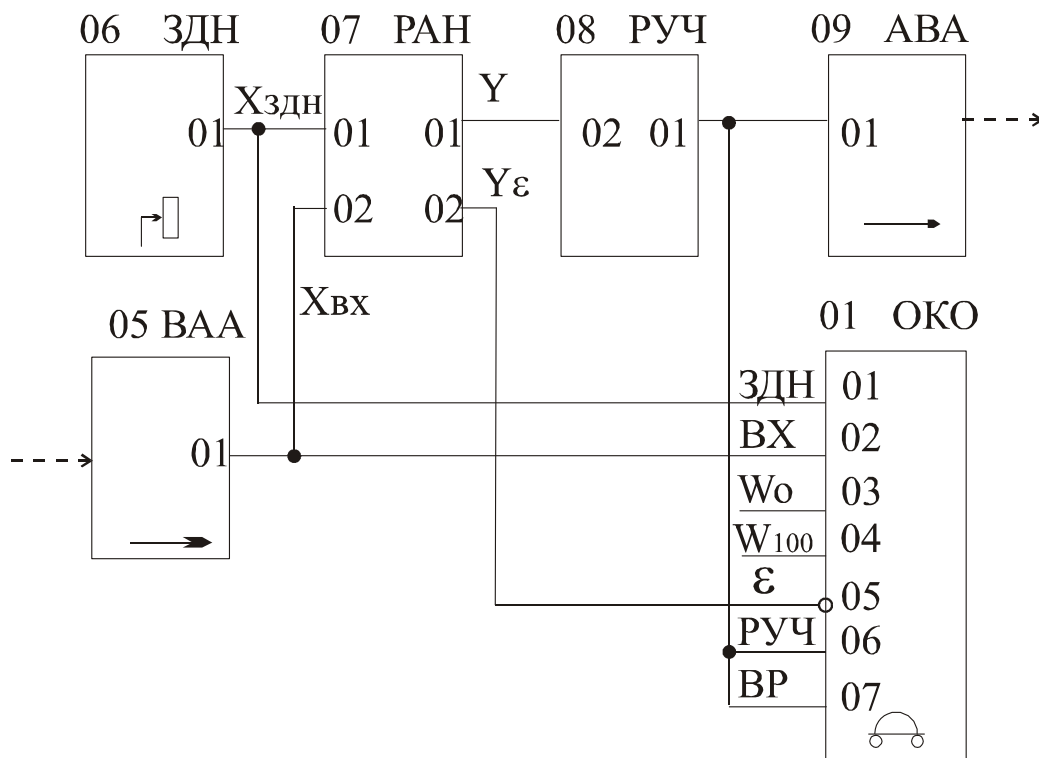


Рис.4.60. Схема АСР стабілізації технологічного параметра на базі алгоритму РАН.

Як впливає з рис. 4.60, сигнал завдання $X_{зДН}$, що формується в режимі РЗ алгоритмом ЗДН, надходить на вхід алгоритму РАН. На другий вхід цього алгоритму надходить сигнал $X_{вх}$ від датчика, що попередньо перетворений калібруванням і масштабуванням алгоритмом вводу ВАА. Вихідний сигнал Y алгоритму РАН через алгоритм РУЧ у режимі "АВТ", що встановлюється за допомогою клавіші ПЛ блока БК, і алгоритм виводу АВА надходять на аналоговий вихід контролера.

За допомогою алгоритму ОКО забезпечується оперативне управління. Функції, що виконуються при оперативному управлінні, задаються конфігуруванням входів алгоритму ОКО. Сигнал, що надходить на вхід 01 цього алгоритму, завжди виводиться на верхній цифровий індикатор "задание" ПЛ блока БК незалежно від того, до виходу якого алгоблока підімкнений вхід 01 алгоритму ОКО. Однак, якщо сигнал, завдання необхідно не лише контролювати, а й змінювати вручну, вхід 01 алгоритму ОКО повинен бути обов'язково підімкнений до виходу 01 алгоритму ЗДН.

На нижньому цифровому індикаторі вибіркового контролю в положенні "вх,"ε", "вих." можуть індицируватися сигнали відповідно датчика, розузгодження і виходу регулятора, що надходять на входи 02, 05 і 07 алгоритму ОКО. Сигнал виходу регулятора "ВР" надходить не тільки на нижній цифровий індикатор у положенні "вих.", а й на шкальний індикатор.

При цьому за шкальним індикатором контролюється вихідний сигнал регулятора Y незалежно від того, який сигнал у даний момент виводиться на нижчий цифровий індикатор. Крім того, вхід 06 алгоритму ОКО обов'язково має бути підімкнений до виходу 01 алгоритму РУЧ, що дає змогу змінювати режим керування і управляти виконавчим механізмом за допомогою клавіш ПЛ блока БК.

На двох настроюваних входах 03 і 04 алгоритму ОКО задаються константи W_0 і W_{100} , що визначають технічні одиниці, в яких контролюються сигнали завдання, входу і розузгодження. При цьому значення констант визначаються згідно з рівнянням (3.1).

Вихідний сигнал як за цифровим, так і за шкальним індикатором завжди контролюється в процентах незалежно від одиниць завдання значень W_0 і W_{100} . Знаку сигналу розузгодження $Y_\varepsilon = Y_{здн} - Y_{вх}$ прийнято приписувати протилежний зміст. Тому сигнал на вході 05 алгоритму ОКО інвертується.

АСР стабілізації технологічного параметра, схему якої зображено на рис. 4.61, реалізована за допомогою алгоритму РИМ.

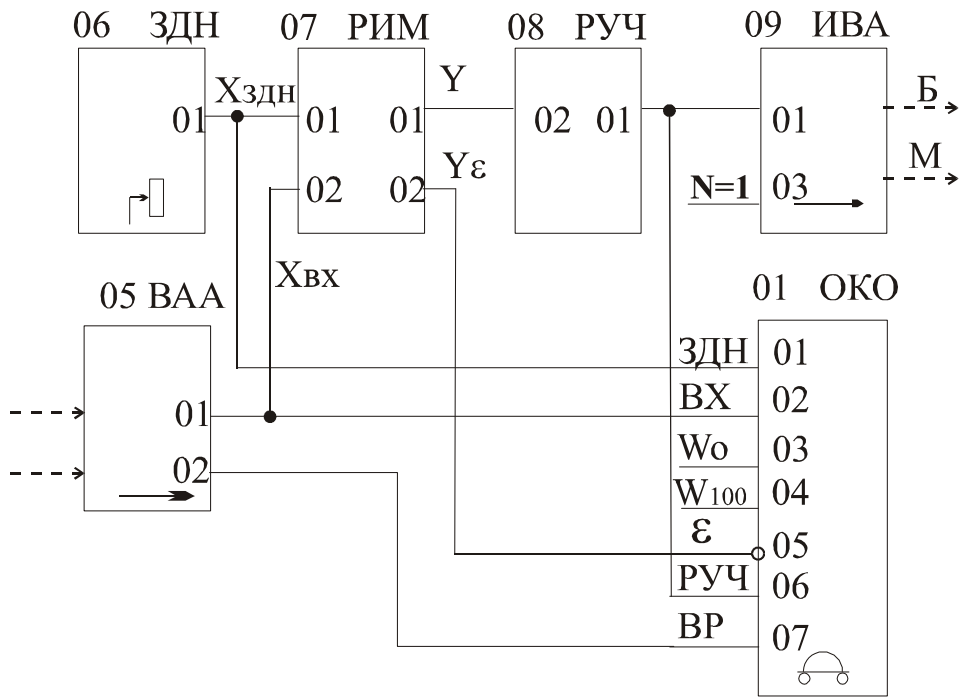


Рис.4.61. Схема АСР стабілізації технологічного параметра на базі алгоритму РИМ.

Із порівняння схем, показаних на рис. 4.60 та 4.61, випливає, що вони різняться лише алгоритмами виводу інформації. При цьому алгоритм ИВА перетворює аналоговий сигнал, що сформований алгоритмом РИМ, у послідовність імпульсів, які управляють виконавчим механізмом постійної швидкості. За допомогою алгоритму ИВА додатково встановлюється мінімальна ∇ тривалість імпульсу Δ T_{imp} і номер контуру, до якого віднесений цей канал алгоритму ИВА. Зазначення номера контуру забезпечує включення в роботу індикаторів "i" " " на ПЛ при виклику даного контуру. Ще одна особливість цієї АСР пов'язана з контролем виходу алгоритму РИМ, а саме для контролю положення виконавчого механізму датчик його положення підмикається до одного з вільних входів контролера, з яким і з'єднується вхід 07 алгоритму ОКО.

У алгоритмі ЗДН значення $m=00$, що забезпечує блокування переходу на інші режими задавання і керування.

Каскадну АСР можна побудувати за допомогою алгоритмів РАН і РИМ, а також тільки на базі алгоритмів РАН. На рис. 4.62 і 4.63 зображено схеми каскадних АСР для цих двох варіантів.

На відміну від АСР стабілізації в каскадних АСР в алгоритмі ОКО задається інший модифікатор (наприклад, 08 і 12). Крім того, задіяні його входи І2-І5. Сигнали другої групи входів виходять на цифрові індикатори ПЛ контролера в каскадному режимі роботи, а сигнали першої групи виходів - у локальному режимі.

При переході в режим ЛУ ведучий регулятор (алгоблок 09) безударно відмикається, а завдання веденому регулятору (алгоблок 11) устанавлюється вручну за допомогою алгоритму ЗДЛ. У режим КУ повертаються також безударно. Для того щоб зазначені перемикання могли виконуватися, вхід 11 алгоритму ОКО має бути безпосередньо (без проміжних алгоблоків) підімкнений до виходу 01 алгоритму ЗДЛ.

Між алгоритмами ЗДН, РАН, ЗДЛ, РИМ, РУЧ при необхідності можуть бути ввімкнені інші алгоритми. У каскадній АСР також задаються одиниці W , у яких контролюються сигнали, при цьому ці одиниці можуть бути різними для ведучого і веденого регуляторів. Для прикладу на рис. 4.64 задано технічні одиниці для ведучого регулятора $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (0%) і $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ (100%), а для веденого регулятора - 10 кгс/см^2 (0%) і 50 кгс/см^2 (100%).

У деяких випадках необхідна зміна напрямку вихідного сигналу регулятора. Тоді на вході алгоритмів РАН чи РИМ інвертуються сигнали, а на вході 06 сигналу ОКО інверсії сигналу не виконують.

АСР співвідношення технологічних параметрів найчастіше реалізується за схемою, зображеною на рис. 4.64.

Потрібне співвідношення встановлюється на вході 03 алгоритму РАН чи РИМ зміною коефіцієнта настроювання K . При цьому вхід 01 алгоритму ОКО підімкнений до сигналу, який в алгоритмі РАН (РИМ) виконує функцію завдання $X_{здн}$, а другий вхід 02 - сигналу поточного значення параметра $X_{вх}$.

Програмні АСР реалізуються із застосуванням програмних задавачів ПРЗ, при цьому в одній АСР можна реалізувати кілька програм, кожна з яких будується на своєму алгоритмі ПРЗ. На рис. 4.65 зображено схему програмної АСР з двома програмами.

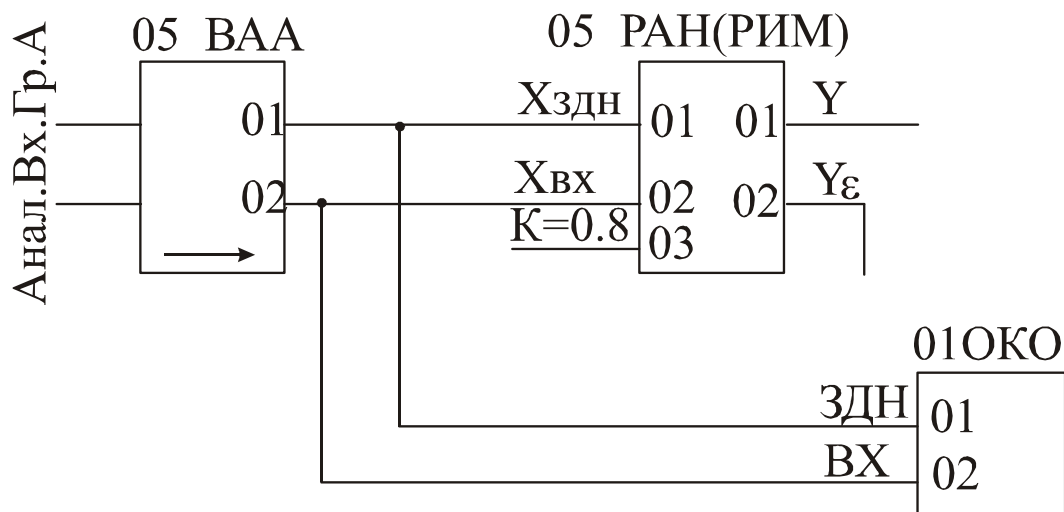


Рис.4.64. Вхідна частина АСР співвідношення.

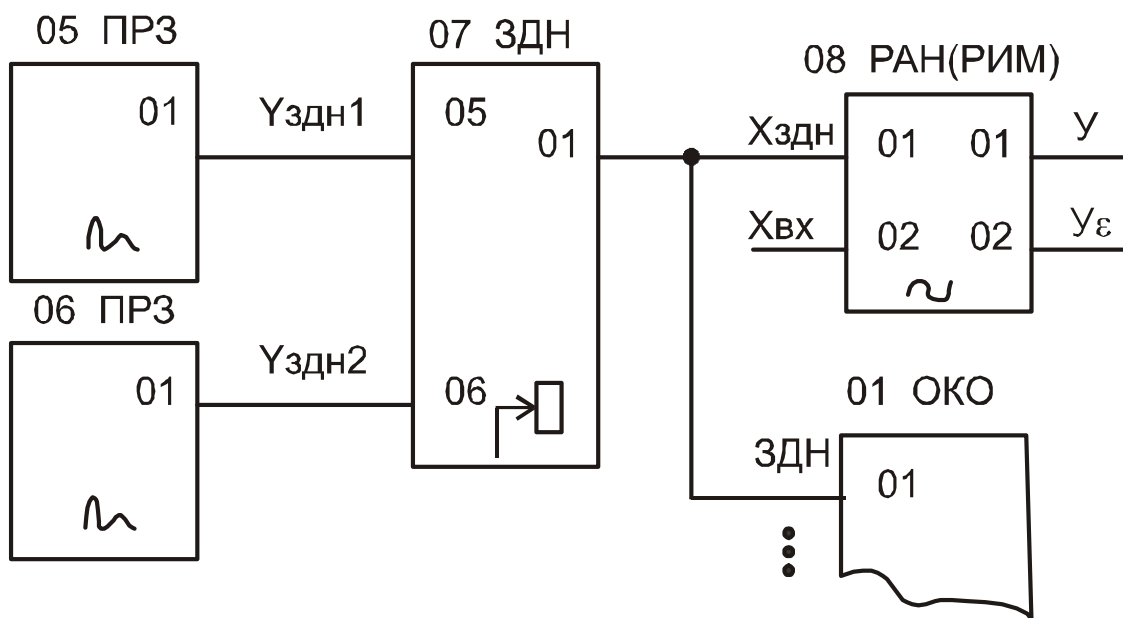


Рис. 4.65. Вхідна частина програмної АСР з двома програмами.

Згідно зі схемою всі алгоритми ПРЗ підімкнені безпосередньо (без проміжних алгоблоків) до входів алгоритму ЗДН. Це забезпечує можливість вибору номера потрібної програми за допомогою клавіш ПЛ контролера, а також пуску, зупинки, скидання програми і примусового переходу до наступної ділянки програми.

За цифровими індикаторами можна контролювати поточний сигнал Уздн, номер поточної ділянки програми та час, що залишається до закінчення поточної ділянки програми. Усі команди по керуванню програмою діють одночасно на всі алгоритми ПРЗ даного контуру, а

контроль здійснюється вибірково для однієї вибраної програми. Вмикання ПРЗ за такою схемою (рис. 4.65) передбачає виконання одного циклу програми. В результаті цього після закінчення циклу програма зупиняється, а сигнал $Y_{здн}$ заморожується.

Потрібне число повторень виконання програми забезпечується конфігуруванням алгоритмів ПРЗ і ОКО згідно із схемою, що зображена на рис. 4.66.

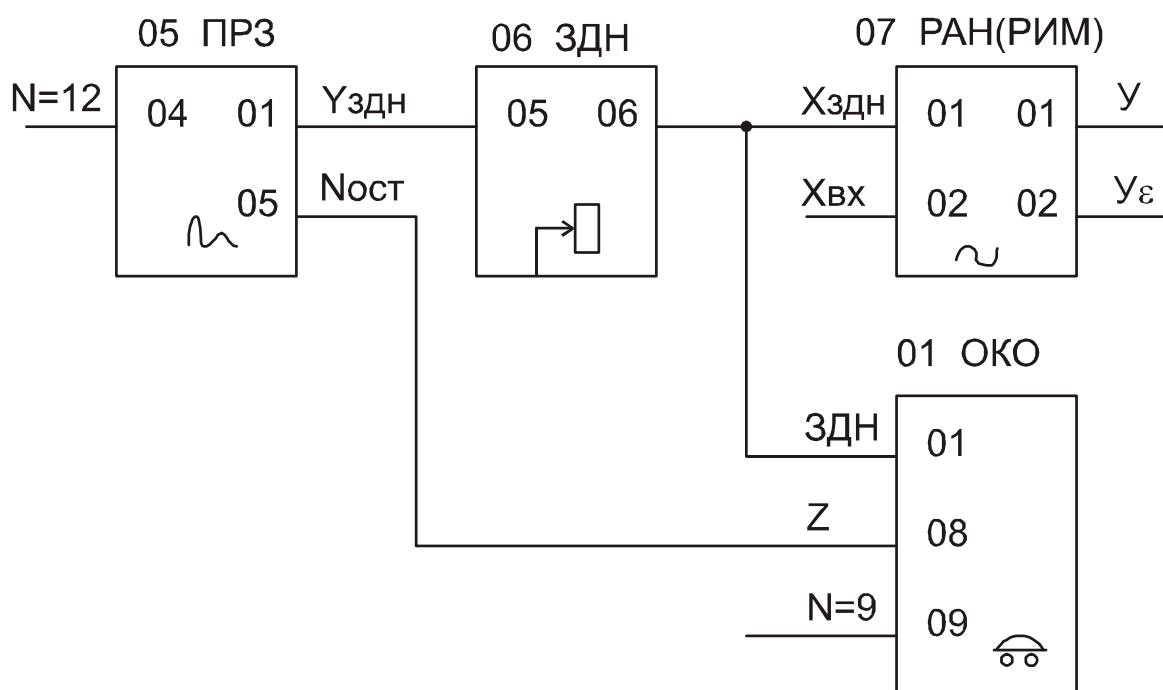


Рис. 4.66. Схема програмної АСР з повторенням числа циклів програми.

Потрібне число повторень задається на вході 04 алгоритму ПРЗ (наприклад, $N = 12$), а індикація числа повторень, що залишилися, за цифровим індикатором у положенні "Z" на ПЛ забезпечується з'єднанням виходу 05 алгоритму ПРЗ із входом 08 алгоритму ОКО. При цьому на вході 09 алгоритму ОКО задається тип сигналу $N_z = 9$.

Зациклювання програми здійснюється за схемою, зображеною на рис. 4.67. У цій схемі використовуються керуючі входи 01 і 03 алгоритму ПРЗ.

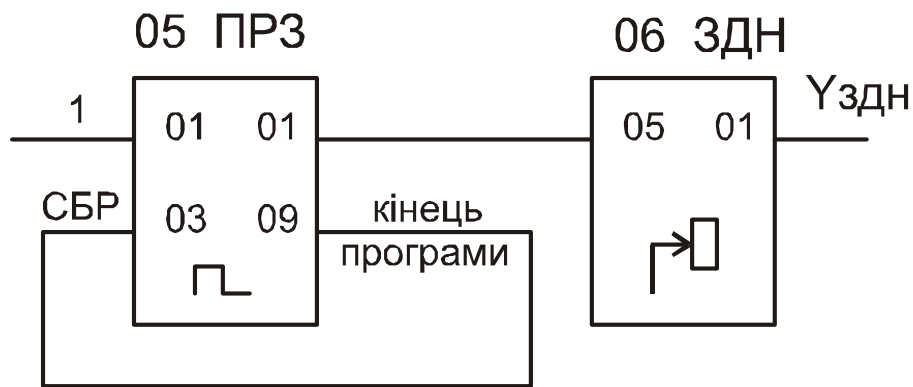


Рис. 4.67. Схема програмної АСР із зациклюванням.

На вході 01 (пуск) задається константа у вигляді логічної одиниці, а вхід 03 (скидання) з'єднується з дискретним виходом 09 (кінець програми). При такому вмиканні після закінчення програми вона буде автоматично скинута, а по команді "пуск" знову запущена. Усі перелічені варіанти вмикання алгоритму ПРЗ передбачають керування програмою від ПЛ блоку БК. Однак практично найчастіше зустрічаються випадки, що потребують виконання програми по командах від датчиків, які досягли граничних значень чи були передані по мережі "Транзит". Приклад такого вмикання алгоритму ПРЗ зображено на рис. 4.68.

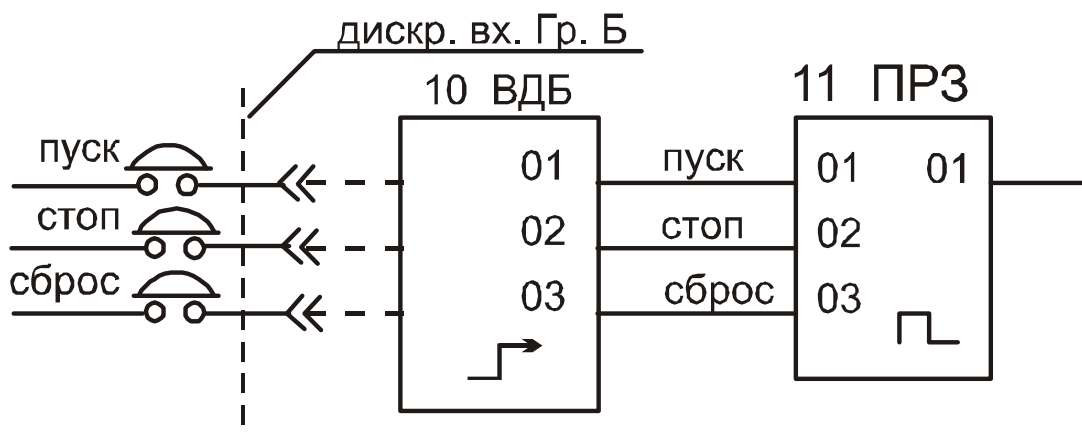


Рис. 4.68. Схема керованої програмної АСР.

Як випливає із схеми (рис. 4.68), керування програмою виконується від зовнішніх відносно БК клавіш чи дискретними вхідними сигналами. Найчастіше розглянуті схеми можуть поєднуватись одна

з одною. Однак забезпечується виконання останньої команди, що надійшла.

Якщо потрібно виконати певні ділянки програми з видачею дискретних команд на зовнішні пристрої, конфігурування алгоритмів здійснюється за схемою, зображеною на рис. 4.69.

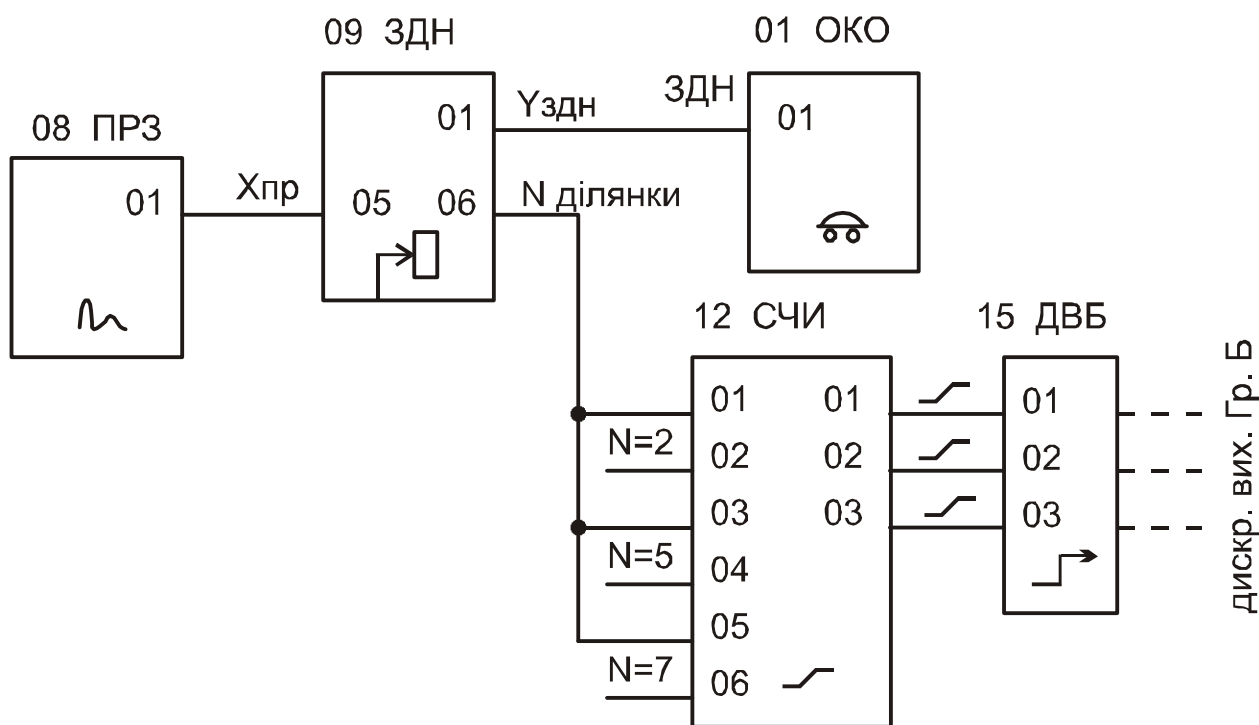


Рис.4.69. Схема керованої програмної АСР з формуванням дискретних виходів окремих ділянок програми.

Схема реалізується додатковим застосуванням алгоритмів СЧИ і ДВБ. У цій схемі алгоритм порівняння чисел СЧИ настроєний таким чином, що при досягненні програмою другої, п'ятої і сьомої ділянок, формуються дискретні сигнали відповідно на першому, другому і п'ятому виходах контролера.

АСР з балансуванням ручного задавача застосовується для забезпечення безударності переходу з автоматичного режиму в режим ручного, дистанційного керування чи встановлення режиму програмного і зовнішнього завдання.

При відсутності балансування і встановленому режимі ручного завдання відімкнення контуру (режим ручного керування) не змінює сигналу ручного завдання, що був встановлений у алгоритмі ЗДН. З

умиканням статичного балансування сигнал $X_{здн}$ ручного завдання відімкненого контуру відслідковує вхідний сигнал $X_{вх}$ контуру, тобто автоматично змінюється таким чином, що при будь-якому змінюванні сигналу $X_{вх}$ сигнал розузгодження Y_{ϵ} на виході алгоритму РАН залишається рівним нулю. У цьому режимі ручна зміна завдання блокується. Після вмикання контуру останнє значення сигналу ручного завдання алгоритмом ЗДН запам'ятовується і потім величина $X_{здн}$ може змінюватися вручну.

При динамічному балансуванні й відімкненні контуру сигнал завдання також відслідковує вхідний сигнал контуру. Однак із вмиканням контуру (режим автоматичного керування) сигнал $X_{здн}$ буде плавно повертатися до встановленого вручну значення сигналу завдання ЗДН. Динамічне балансування допускає ручну зміну сигналу $X_{здн}$ як у відімкненому, так і у ввімкненому контурі. При цьому в обох випадках вручну задається сигнал, до якого прийде вихідний сигнал алгоритму ЗДН після закінчення балансування. На рис. 4.70 зображено схему вхідної ділянки АСР з динамічним балансуванням.

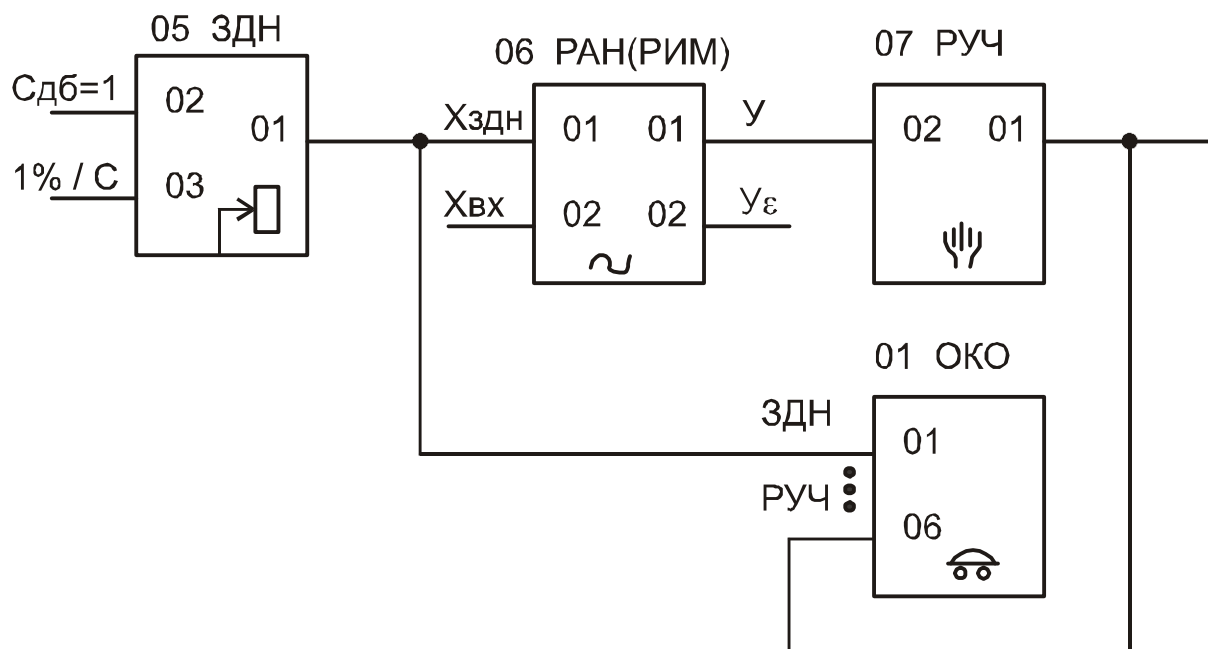


Рис.4.70. Схема АСР з динамічним балансуванням.

Динамічне балансування в алгоритмі ЗДН задається на входах 02 і 03 (вид і швидкість балансування). Конфігурування входів різним чином алгоритму ЗДН, що визначають вид балансування, дає змогу автоматично встановлювати, відмінити балансування та переходити з одного виду на інший. На рис. 4.71 зображено схему ділянки АСР з балансуванням при програмному задаванні.

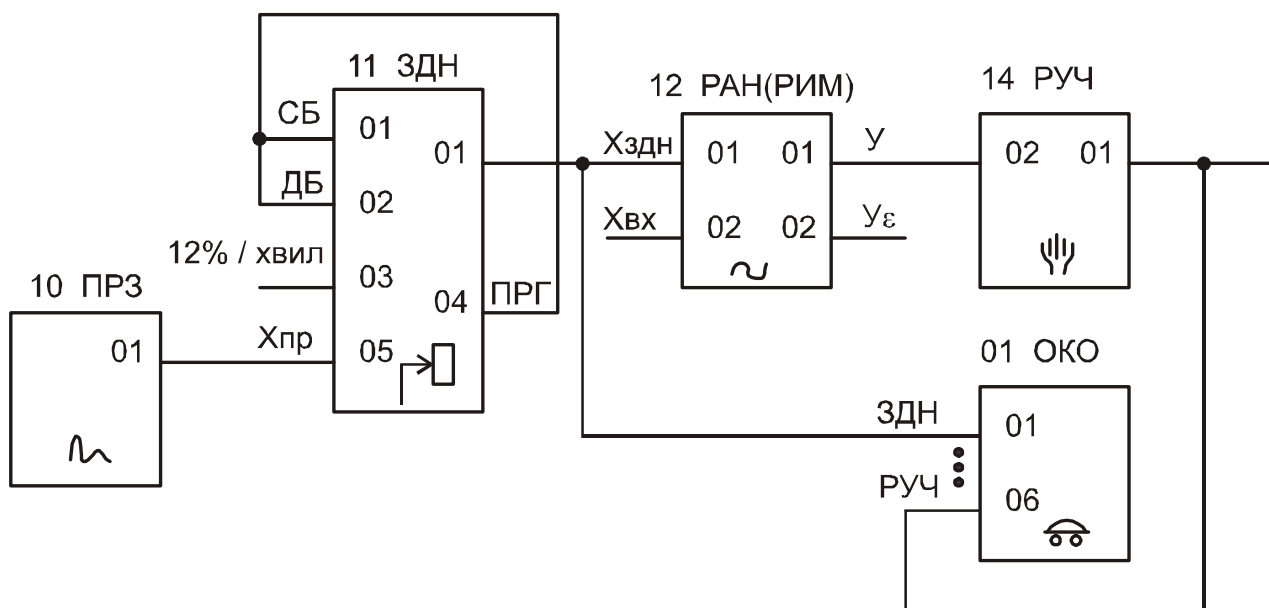


Рис.4.71. Схема ділянки АСР з балансуванням у режимі програмного задавання.

Як впливає із рис. 4.71, у режимі програмного (зовнішнього) задавання автоматично вмикається статичне і динамічне балансування (вхід 01 і 02) дискретною командою ПРГ з виходу 04 алгоритму ЗДН. У цьому разі вузол ручного завдання відслідковуватиме поточне значення сигналу $X_{здн}$ завдання на вході алгоритму ЗДН. При цьому за рахунок динамічного балансування сигнал $X_{здн}$ почне плавно змінюватись і прямувати до поточного значення сигналу $X_{пр}$ програмного задавача. У випадку переходу в режим ручного завдання статичне балансування забезпечує запам'ятовування останнього значення завдання алгоритму ЗДН.

Локальна керуюча мережа «Транзит» з кільцевою конфігурацією, загальна схема якої наведена на рис.4.72. може бути закритою і відкритою. У закритій мережі контролери обмінюються інформацією один з одним. Відкрита ж на відміну від закритої забезпечує обмін інформаційних кіл БК із зовнішнім об'єктом (РС) через БШ. Через блок шлюзу РС отримує доступ до будь-якого БК мережі «Транзит», бо кожному БК присвоюється системний номер при програмуванні у процедурі «параметри». Швидкість обміну складає 9,8 кбіт/с. На фізичному рівні обмін між БК здійснюється по інтерфейсу ИРПС. Мережа «Транзит» згідно рис.4.72 захищена від відмови окремих БК. За умови відмови при відключенні живлення або необхідності вилучення БК спрацьовує спеціальне реле 3, що шунтує БК і тим самим зберігається цілісність кільцевої структури мережі.

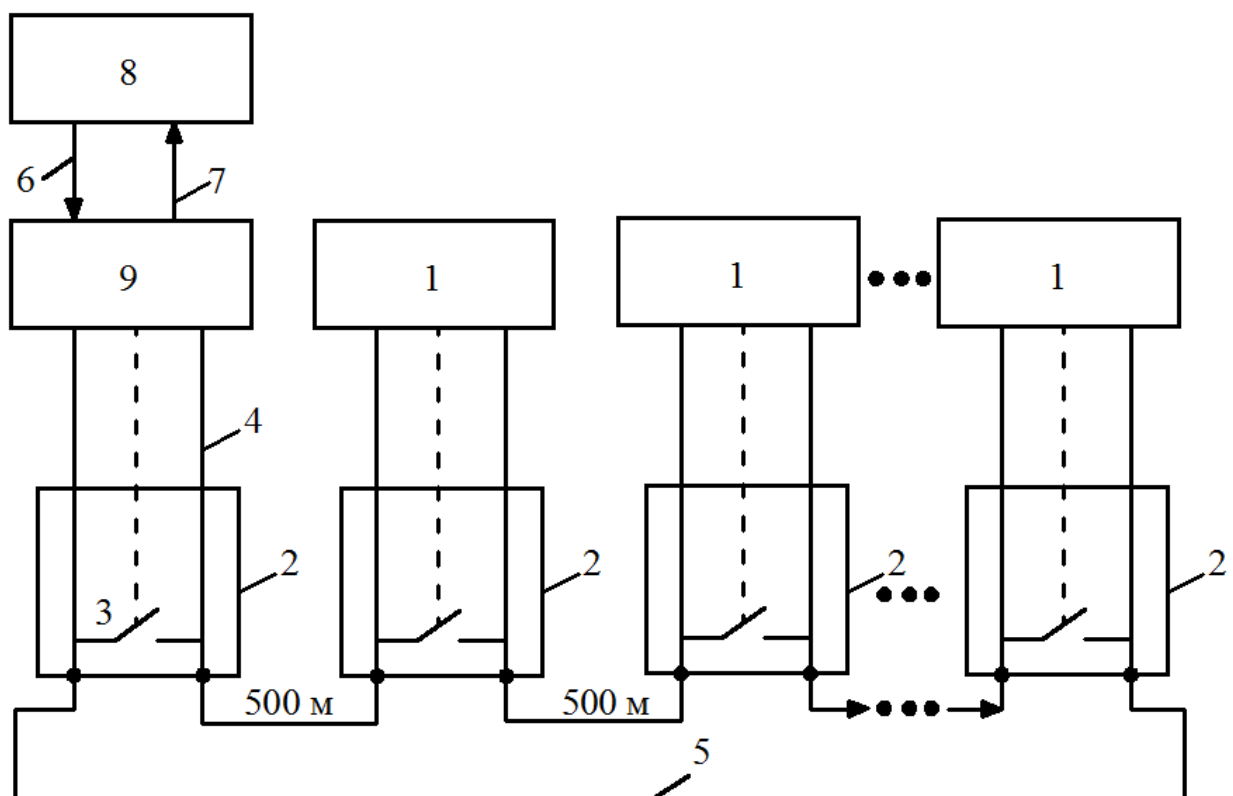


Рис.4.72. Загальна схема локальної мережі «Транзит»: 1 – блок БК; 2 – блок БП; 3 – реле блокування; 4 – сигнал «відмова» або «відключення інтерфейсу»; 5 – вита пара; 6 – сигнал від передавача абонента (вита пара); 7 – сигнал до приймача абонента (вита пара); 8 – абонент (РС); 9 – блок БШ.

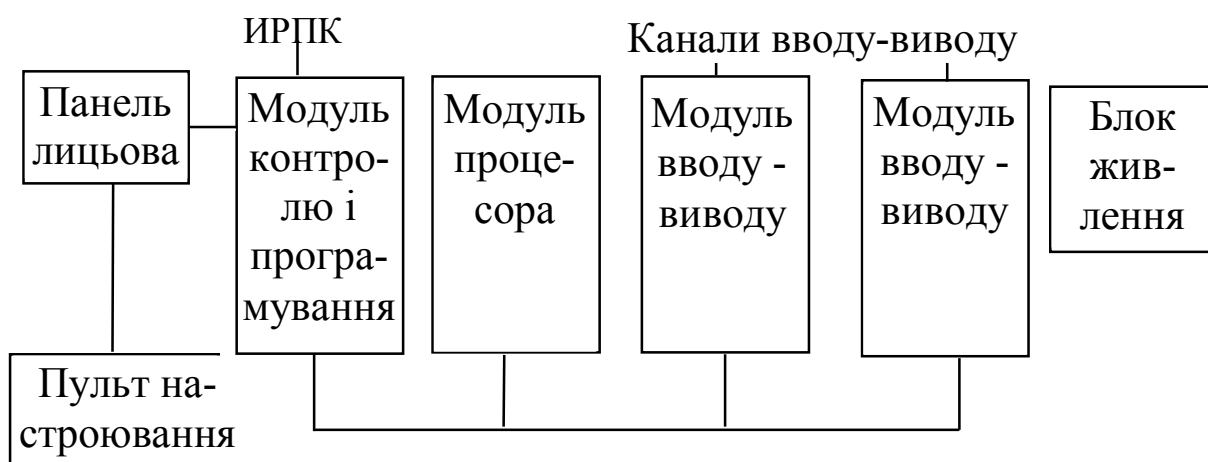
4.3. Модернізований малоканальний багатофункціональний контролер «Реміконт Р-130М»

Контролер Р-130М є модернізацією базового контролера Р-130 і має розширені функціональні можливості. Модернізований варіант не вимагає нових програм-алгоритмів, він адаптований до вже існуючих в Р-130, а програмування також здійснюється з використанням технологічної мови за допомогою пульта настоювання. При цьому збережені попередні схеми введення та виведення інформації, але проведена комплексна модернізація апаратного забезпечення контролера. У першу чергу модернізації зазнав процесорний модуль, у якості якого був використаний ІВМ-сумісний процесор. Відпала і необхідність застосування блоку шлюзу оскільки функціональні можливості шлюзу закладені у модернізований варіант блоку контролера. Крім того, завдяки застосування фізичних інтерфейсів ІРПС, RS-232, RS-485 забезпечується підтримка протоколів «Транзит», ModBus, Ethernet TCP/IP, які використовуються для об'єднання PLC у мережі різного рівня. Використання нових протоколів у модулі Р-130М дозволяє налагодити більш швидкий обмін інформацією про поточний стан технологічного процесу. У порівнянні із базовою моделлю Р-130 у Р-130М збільшена кількість незалежних контурів регулювання та число незалежних логічних програм крокового керування з 4 до 8.

Зміни в архітектурі контролера пов'язані із застосуванням не коштовного ІВМ-РС-сумісного процесорного модуля в стандарті РС/104. Спрощені структури контролерів Р-130 і Р-130М наведені на рис.4.73.

Порівняння структур згідно рис.4.73 свідчить, що основні зміни пов'язані з підключенням процесора. Перетворювач інтерфейсу здійснює формування керуючих сигналів у внутрішній магістралі контролера, а також перетворення сигналів комунікаційних портів контролера у гальванічно розв'язані сигнали RS-232, RS-485 чи ІПРС. Запропонована структура Р-130М розширює можливості по-

будови мереж з різними протоколами, що наочно ілюструється рис.4.74.



б)

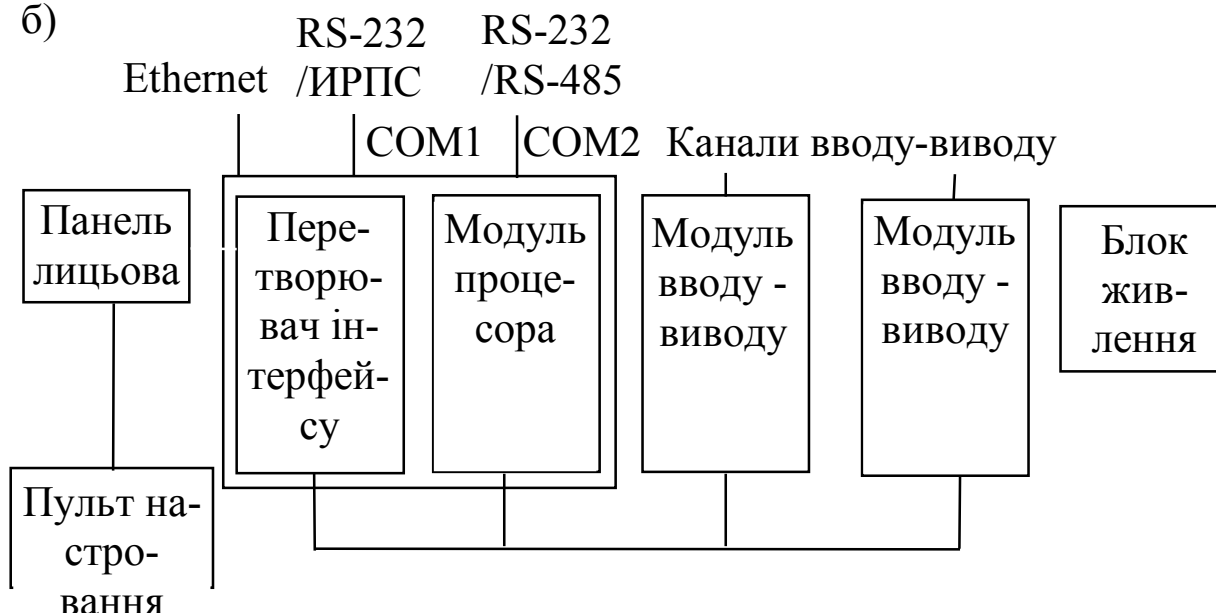


Рис.4.73. Спрощені структури контролерів Р-130 (а) і Р-130М (б).

Згідно рис.4.74а контролери Р-130 можуть бути підключені до контролера Р-130М за допомогою інтерфейсу ИРПК. При цьому Р-130М буде виконувати роль не тільки контролера, але і блоку шлюзу мережі «Транзит». Тим самим здійснюється можливість інтеграції вже існуючого на багатьох підприємствах парку контролерів Р-130 у сучасні багаторівневі структури АСКТП.

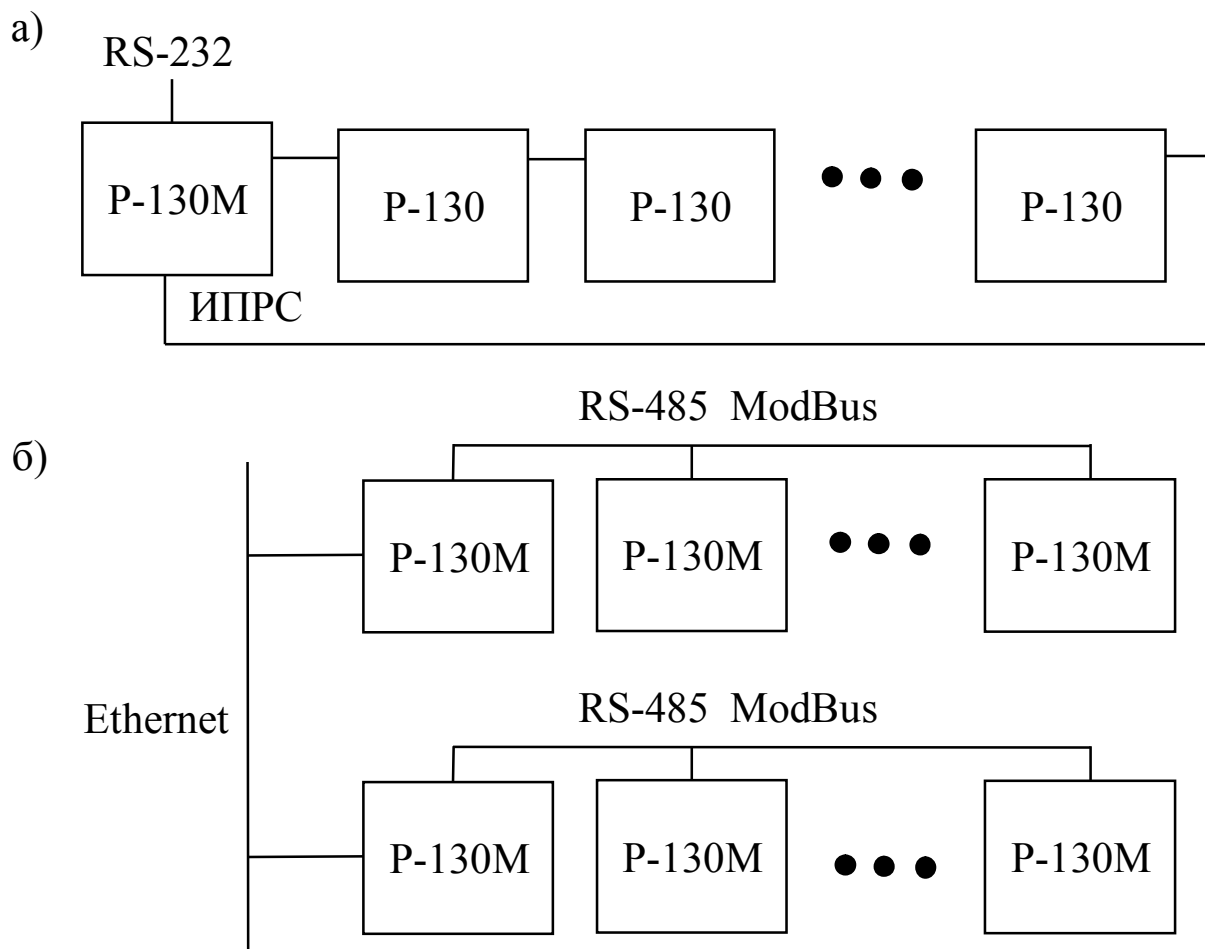


Рис. 4.74. Варіанти застосування контролерів P-130M у мережах з різними протоколами і фізичними інтерфейсами.

Зв'язок контролерів P-130M поміж собою забезпечується інтерфейсом RS-485 ModBus, а Ethernet використовується для зв'язку з верхнім рівнем АСКТП, що ілюструється рис.4.74б. Програмне забезпечення підтримується операційною системою жорсткого реального часу RTOS-32 фірми On Time Informatik, що дозволяє проводити програмування не тільки за допомогою пульта настроювання, але і з персонального комп'ютера.

4.4. Багатоканальний багатофункціональний контролер КР-500

Контролер КР-500 призначений для побудови вимірювальних, керуючих та інформаційних систем автоматизації технологічних

процесів малого і середнього (за кількістю входів-виходів) рівня складності, а також побудови окремих підсистем АСКТП у різних галузях промисловості, забезпечуючи при цьому оптимальне співвідношення продуктивність/вартість одного керуючого чи інформаційного каналу. КР-500 є програмованим виробом та дозволяє вести локальне, каскадне, дистанційне ручне регулювання, і логіко-програмне дискретне керування. Програмування здійснюється за допомогою персонального комп'ютера (PC) із застосуванням трьох мов програмування:

- технологічних мов, що не вимагають залучення професіональних програмістів при розробці технологічних програм, ідентичних контролерам Р-130 і Р-130М;
- мов функціональних алгоритмічних блоків (ФАБЛ);
- мови типу структурований текст – процедурний текст (ПРОТЕКСТ).

КР-500 можуть об'єднуватись у локальну керуючу мережу, утворюючи єдину розподілену у просторі систему. Конструкція контролера передбачає два варіанта контролерної мережі:

- мережа «МІГІСТР» з конфігурацією «загальна шина», у якій швидкість передачі даних настроюється користувачем, проте не вимагає ніяких додаткових пристроїв;
- мережа Ethernet з використанням мережного комутатора (Ethernet Hub чи Ethernet Switch) і спеціального кабелю, яка у разі необхідності забезпечує підключення PC верхнього рівня та інших пристроїв з протоколами TCP і UDP.

Кожний контролер, незалежно від того, підключений він до мережі чи ні, може взаємодіяти з будь-яким зовнішнім абонентом, зокрема з PC, що має інтерфейс RS-232 або RS-485.

КР-500 може виконувати свої функції як у приладному, так і у календарному часі, як у приладних, так і у фізичних розмірностях технологічних параметрів. Крім вище перелічених основних задач може виконувати функції реєстрації параметрів в основній пам'яті і архівації параметрів на твердотільному флеш-диску у календарному

часі з наступною видачею цих параметрів до РС. Вмонтований монітор забезпечує зберігання оперативних даних і роботу таймера-календаря з відключеним живленням.

Підключення стандартних датчиків з аналоговими і дискретними сигналами та виконавчих пристроїв до контролера здійснюється за допомогою індивідуальних кабельних зв'язків з використанням модулів вводу-виводу КР-500. Пристрої (датчики, перетворювачі, контролери), що мають цифровий канал зв'язку з інтерфейсом RS-485, з'єднуються з КР-500 за допомогою польових мереж по провідній лінії (вита пара), оптоволоконній або через радіомодем.

Склад контролера становить собою проектно-компонуючий комплекс технічних засобів, які представлені у табл.4.21.

Таблиця 4.21. Перелік та окремі характеристики технічних засобів у складі контролера КР-500

Найменування технічного засобу	Позначення	Споживча потужність, Вт	Габаритні розміри, мм
1	2	3	4
Блок контролера	БК-500	10	172×68×150
Модулі зв'язку з об'єктом (УСО-Д)			
Модуль аналогово-дискретних сигналів	МДА-Д	1,4(2)	100×35×115 (подвоєний корпус)
Модуль аналогових сигналів	МАС-Д	1,4(2)	
Модуль дискретних сигналів	МСД-Д	0,3(0,5)	
Модуль сигналів резистивних датчиків	МРС-Д	0,9	100×17,5×115 (одинарний корпус)
Модуль аналогових сигналів	МАВ-Д	0,5	
Модуль сигналів низького рівня і термопар	МТС-Д	0,9	

Продовження табл.4.21

Модуль аналогових сигналів універсальний	МАУ-Д	1,7	
Модуль аналогових сигналів	МВА-Д	0,9	
Модуль вводу силовий	МВС-Д	0,3	
Модуль число імпульсних сигналів	МЧИ-Д	0,7	99×17,5×115
Мініконтролери			
Мініконтролер	МК-500		
Мікроконтролери			
Шлюзовий мікроконтролер	ШМК	1,4	100×17,5×115
Блоки керування електро- двигунами реверсивні	БУЭР 1-30-02	4	172×67×157
	БУЭР 3-30-02; БУЭР 3-30-03	7	
Блок резервних захистів	БРЗ-30-00 (БРЗ-Д)	4	172×35×127
	БРЗ-30-00 (БРЗ-Д)		
Пульти оператора	ПО*	2,5	205×145×70
Блоки			
Блоки керування електро- двигунами реверсивні	БУЭР 1-30-00	4	172×36×158
	БУЭР 3-30-00	7	
	БУЭР1*	4	215×57×150
	БУЭР3*	7	
Блок вводу дискретний	БВ-Д-50		75×15×45
Блок підсилення потужності	БУМ-30		120×45×180
	БУМ-50	0,8	75×15×45
Блок перемикання	БПР-30		120×45×180
	БПР-50	0,8	125×75×50
Перетворювач інтерфейсу	ПИ-3**	2	158×80×55

Закінчення табл.4.21

Блок живлення	БП-Г*	105	162×155×155
	БП-4М 15*	31	132×100×137
	БП-Д	н/б 20	100×17,5×115
	ББП-24**	130	365×215×215
Модуль живлення	МП-Д	21,5	100×17,5×115
Приналежності			
Пульт контролера	ПК-302	0,8	250×110×50
Комплект резисторів нормованих	КРН***	-	15×8×20(50)
Захисний пристрій	ЗУ***		20×8×16(46)
Інтерфейсний з'єднувач	ИС-9	-	-
	ИС-485	-	-
Резервний з'єднувач	РС-Ш	-	-
Програмне забезпечення КОНТРАСТ	ПЗК	-	-
Примітка: * щитовий монтаж; ** виконання для розміщення на столі; *** монтаж шляхом підключення до відповідних клем; всі інші засоби мають виконання монтажу на DIN-рейку; потужність у скобках відповідає подвоєному корпусу модуля			

На рис.4.75 наведений умовний приклад компоновки контролера КР-500 з додатковими пристроями для підключення таких як перетворювач інтерфейсу RS-232/RS-485 типу ПИ-3, пульта керування ПК-302, блоку живлення БП (БП-Г, БП-4М 15) та комп'ютера К.

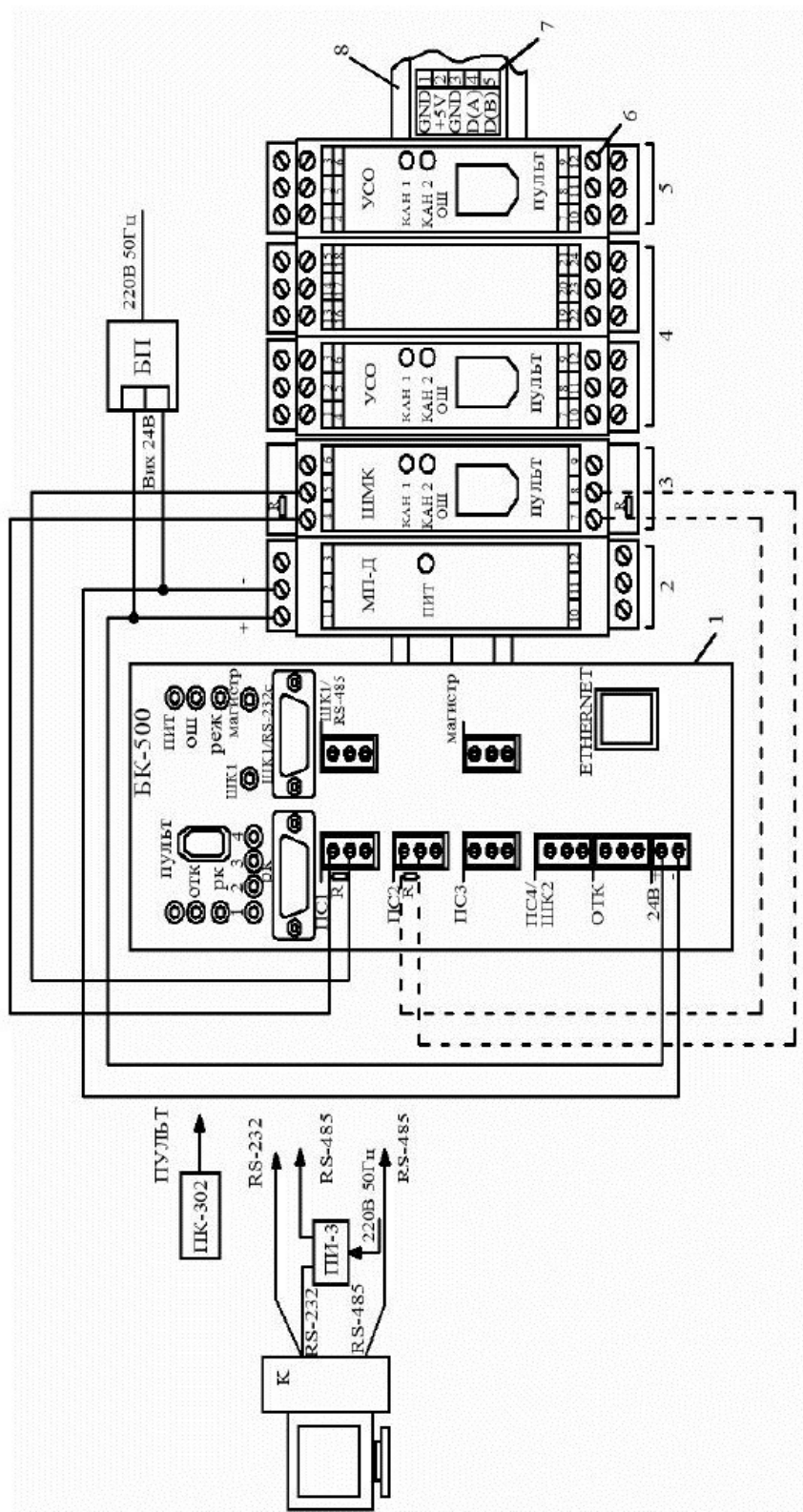


Рис.4.75. Загальний вигляд компоновки контролера КР-500 на DIN-рейці: 1 – блок контролера БК-500; 2 – модуль живлення БП-Д; 3 – мікроконтролер ШМК; 4 – подвоєний модуль УСО-Д; 5 – одинарний модуль УСО-Д; 6 – клеми модулів і блоків; 7 – шинні роз’єми; 8 – DIN-рейка.

Блок контролера БК-500 є базовою частиною контролера і містить центральний процесор, програма якого у реальному часі виконує обробку цифрової інформації і формування керуючих впливів, здійснює зв'язок по мережі з іншими контролерами та з комп'ютерами верхнього рівня керування, виконує обмін інформацією з пристроями, що підключені до каналів польових мереж, виконує лічення календарного часу і самодіагностику.

На лицьовій панелі (рис.4.75) БК-500 розташовані наступні світлодіодні індикатори: ПИТ – для контролю наявності живлення зеленого кольору; ОШ – для контролю станів «відмова» і «програмування» червоного кольору, та наявності помилки у стані «робота», за якої відбувається мерехтіння світлодіоду; РЕЖ – для контролю станів «відмова» і «програмування» червоного кольору (за умови резервування відбувається мерехтіння світлодіоду у пасивного контролера); ОТК – для контролю дискретного вихідного сигналу «відмова» червоного кольору; ШК1, МАГІСТР, ПС1, ПС2, ПС3, ПС4/ШК2 – для контролю обміну інформацією по відповідним каналам зеленого кольору з мерехтінням при роботі цих каналів; РК – для контролю обліку по каналу пульта і каналу резервування зеленого кольору з мерехтінням при роботі каналу. Для забезпечення резервування БК, обліку по мережі Ethernet, підключення пульта та комп'ютера передбачені відповідно роз'єми РК, Ethernet, ПУЛЬТ та RS-232C. Підключення зовнішніх пристроїв (модулів УСО-Д, міні і мікроконтролерів зі складу БК, а також інших мікропроцесорних пристроїв з інтерфейсом RS-485) здійснюється за допомогою клемних колодок (по 3 клеми) каналів польових мереж ПС1÷ПС4, МАГІСТР (канал МК) та RS-485 (канал ШК1). Крім того передбачені клемні колодки для живлення 24В (2 клеми) та ОТК (відмова – 3 клеми). Слід відзначити, що кожний канал з цифровими інтерфейсами має можливість підключення до 31 польового пристрою. Канал ПС4/ШК2 може функціонувати у режимі шлюзового каналу, здійснюючі зв'язок з інженерною станцією або SCADA-системою.

У корпусі БК-500 розташовані плата процесора ПРЦ-Д, плата інтерфейсних каналів МИК-Д та плата перетворювача напруги 24/5В МП-Д. Центральний процесор контролера здійснює виконання наступних функцій: обробку інформації за заданими користувачем алгоритмами; забезпечення роботи БК у складі локальної мережі контролерів МАГІСТР за заданою користувачем швидкістю та у складі мережі Ethernet; зв'язок БК з верхнім рівнем по шлюзовому каналу за заданою користувачем швидкістю; реєстрацію технологічних параметрів та архівацію їх на твердотільному флеш-диску; збереження резидентного програмного забезпечення програми користувача, констант і коефіцієнтів, прикладних і системних параметрів БК в енергонезалежній пам'яті з електронним записом і стиранням.

Плата МИК-Д призначена для формування додаткових послідовних каналів зв'язку центрального процесора з периферійними пристроями. На платі встановлені три процесора АТmega64, кожний з яких підтримує роботу двох каналів, які мають інтерфейс RS-485. П'ять з шести каналів містять гальванічне розділення.

Плата МП-Д забезпечує перетворення нестабілізованої напруги 24В від зовнішнього блоку живлення БП у стабілізовану постійну напругу 5В для живлення центрального процесора, а також для живлення цією напругою приймачів та передавачів інтерфейсних каналів.

У залежності від кількості каналів польової мережі і наявності Ethernet БК-500 має шість модифікацій, представлених у табл.4.22.

Таблиця 4.22. Модифікації блоку БК-500

Модифікація	Кількість каналів	
	польової мережі	Ethernet
БК-500-00, БК-500-04	2	-
БК-500-01, БК-500-05	4	-
БК-500-02	2	1
БК-500-03	4	1

Можливості побудови АСКТП різної архітектури за допомогою КР-500 забезпечується дев'ятьма каналами цифрового інтерфейсу блоку БК-500.

Шлюзовий канал ШК зі швидкістю передачі 1,2÷115,2 кБод застосовується для зв'язку БК у режимі «відомого» з комп'ютером верхнього рівня, для якого неприпустима одночасна робота по двом різним інтерфейсам. Канал МК зі швидкістю передачі до 500 кБод використовується для підключення до локальної контролерної мережі МАГІСТР, а канал РК – для синхронізації роботи програм пари контролерів при резервуванні. Для підключення пульта ПК-302 використовується канал пульта. Канали польових мереж ПС1÷ПС4 забезпечують зв'язок БК-500 з зовнішніми пристроями (модулі УСО-Д, контролери МК-500 і ШМК та інші мережні пристрої) за допомогою інтерфейсу RS-485, а канал Ethernet зі швидкістю передачі 10/100 МБіт/с застосовується для підключення БК-500 до цієї мережі. Додатковий шлюзовий канал ШК2 замість каналу ПС4 створюється (програмується) на замовлення і використовується для резервування шлюзового каналу. Усі канали мають гальванічне розділення. Типи протоколів обміну обираються і налаштовуються користувачем, серед яких можуть бути МАГІСТР-шлюз, МАГІСТР-ведучий, МАГІСТР-ведений, ModBus RTU Master, ModBus RTU Slave, ADAM-4000, ICOS-7000.

Підключення зовнішніх пристроїв до БК-500 здійснюється у відповідності зі схемою, наведеній на рис.4.76.

Мініконтролер МК-500 – це компактний пристрій, що призначений для побудови АСКТП невеликої за кількості входів-виходів рівня складності.

Шлюзовий мікроконтролер ШМК призначений для збору інформації з віддалених до 1,2 км модулів УСО-Д і передачі її блоку БК-500 або на верхній рівень (РС), а також передачі керуючих сигналів від БК-500 чи РС модулям УСО-Д. ШМК є веденим пристроєм польової мережі з протоколом обміну МАГІСТР чи ModBus RTU.

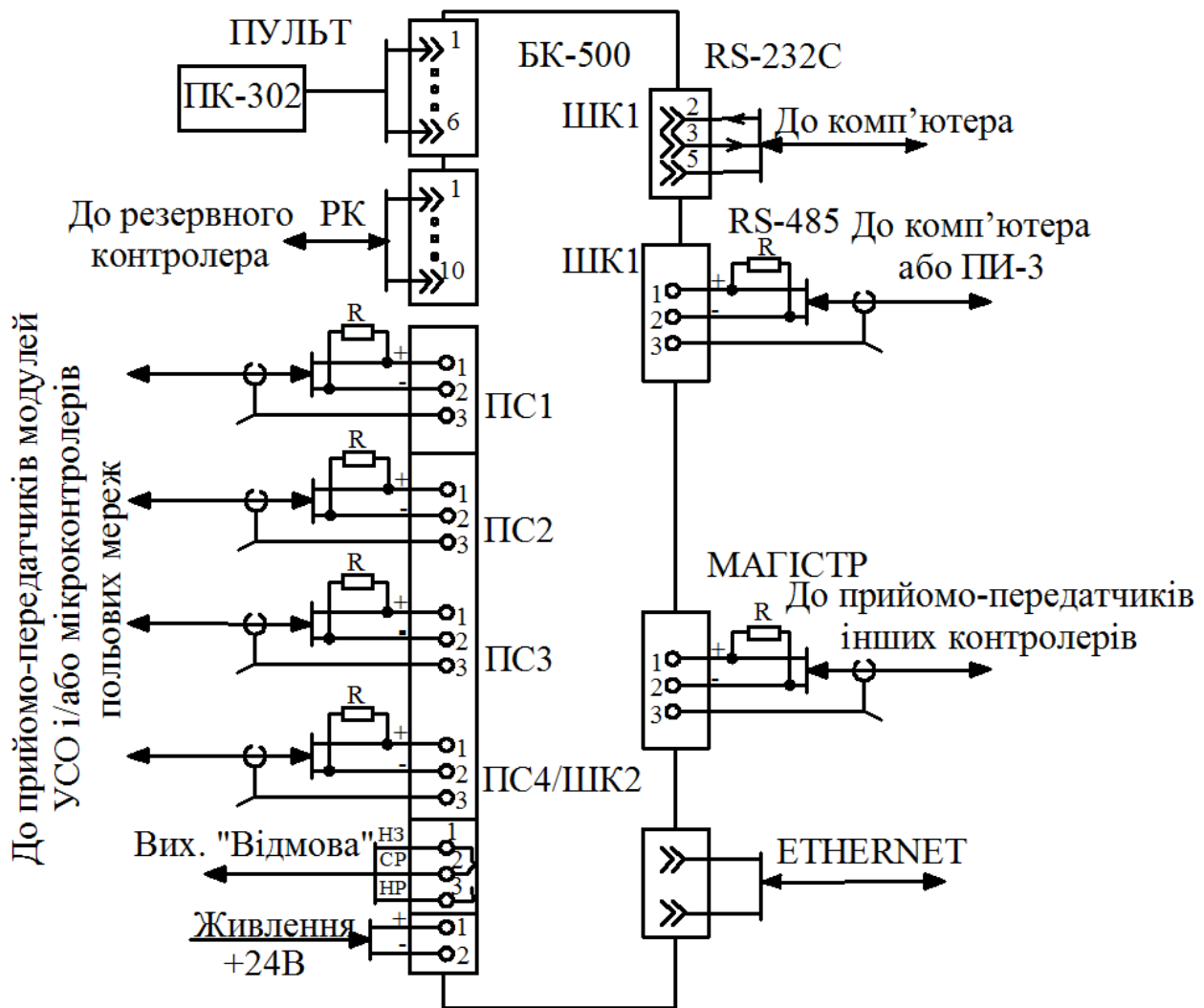


Рис.4.76. Схема зовнішніх підключень блоку БК-500-03: R – узгоджуючий опір на кінцях лінії зв'язку RS-485.

Загальний вигляд та структура ШМК наведені на рис.4.77. На передній панелі ШМК (рис.4.77а) розташовані клеми для підключення двох каналів інтерфейсного зв'язку RS-485, два світлодіоди «КАН1» і «КАН2» для контролю зв'язку по першому та другому послідовному каналу або наявності помилки у роботі ШМК, а також роз'єм для приєднання пульта ПК-302 або РС для настроювання та діагностики ШМК. При цьому другий канал RS-485 (рис.4.77б) паралельно виведено на роз'єм «ПУЛЬТ». На шинний роз'єм, що розташований на DIN-рейці, через панелі друкарської плати ШМК виведено інтерфейс RS-485 для обміну з модулями УСО-Д. До ШМК може бути підключено до 16 одинарних чи 8 подвоєних модулів

УСО-Д. Обмін даними з БК-500 здійснюється по одинокій або резервованій кільцевій мережі через один чи два канали з інтерфейсом RS-485. У разі застосування ПК-302 клеми другого каналу RS-485 не використовуються.

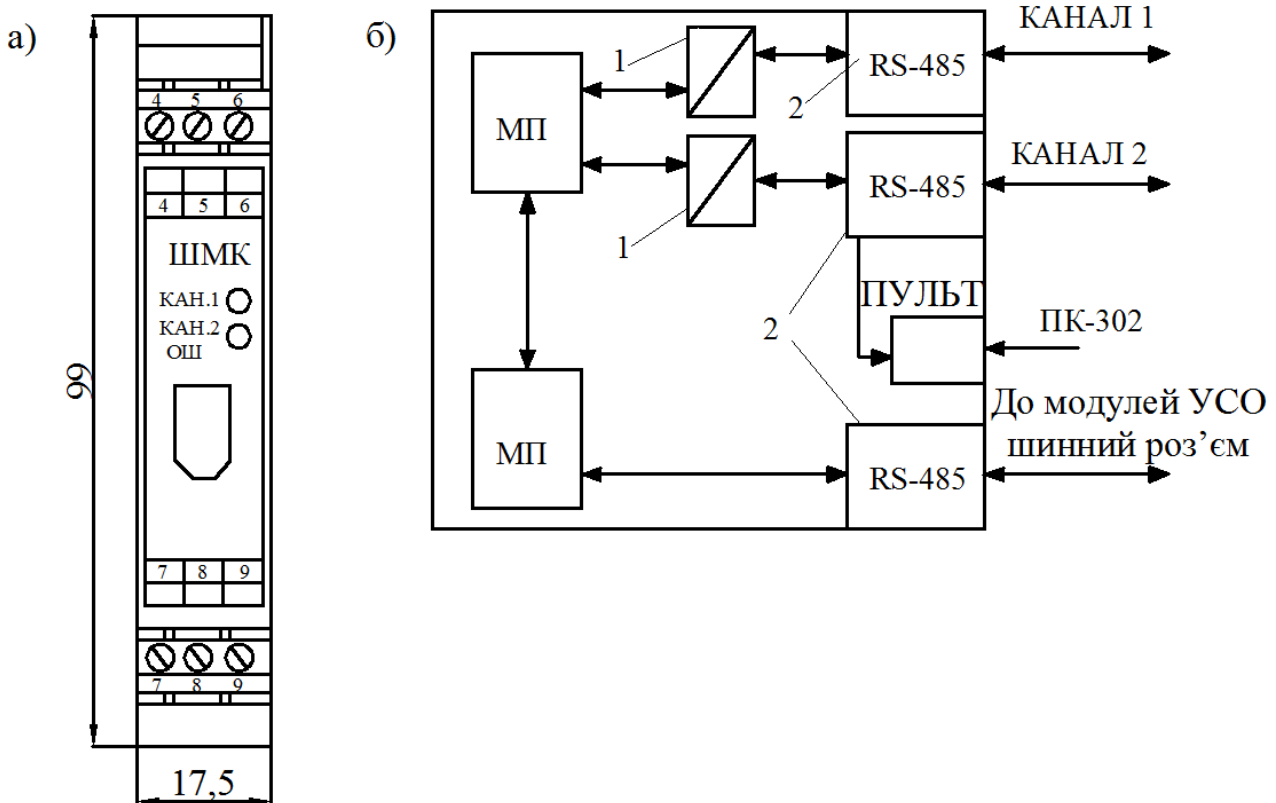


Рис.4.77. Загальний вигляд (а) та структурна схема (б) блоку ШМК: МП – мікропроцесор; 1 – гальванічний розділитель; 2 – формувачі інтерфейсу RS-485.

Позначення контактів клемних колодок та шинного роз'єму наведені на рис.4.78.

Модулі зв'язку з об'єктом УСО-Д, основні з яких представлені у табл.4.21, призначені для прийому і перетворення сигналів зовнішніх датчиків та передачі їх ШМК, БК-500, МК-500 або РС, а також передачі керуючих сигналів від перелічених блоків чи РС до виконавчих пристроїв. Тип датчика чи діапазон вхідного (вихідного) сигналу встановлюється програмним шляхом (окрім діапазону 0÷10В)

завдяки умонтованому у модуль УСО-Д мікропроцесору, що дозволяє також вирішувати без залучення центрального процесору БК наступні задачі: взаємозамінність модулів без калібрування; самодіагностику модулів; діагностику на обрив лінії зв'язку дискретних входів, термопар, термоопорів і сигналу 4÷20мА з видачею сигналу помилки; поканальна автоматична лінеаризація аналогового сигналу від термопар і термоопорів; діагностику дискретних виходів на коротке замикання.

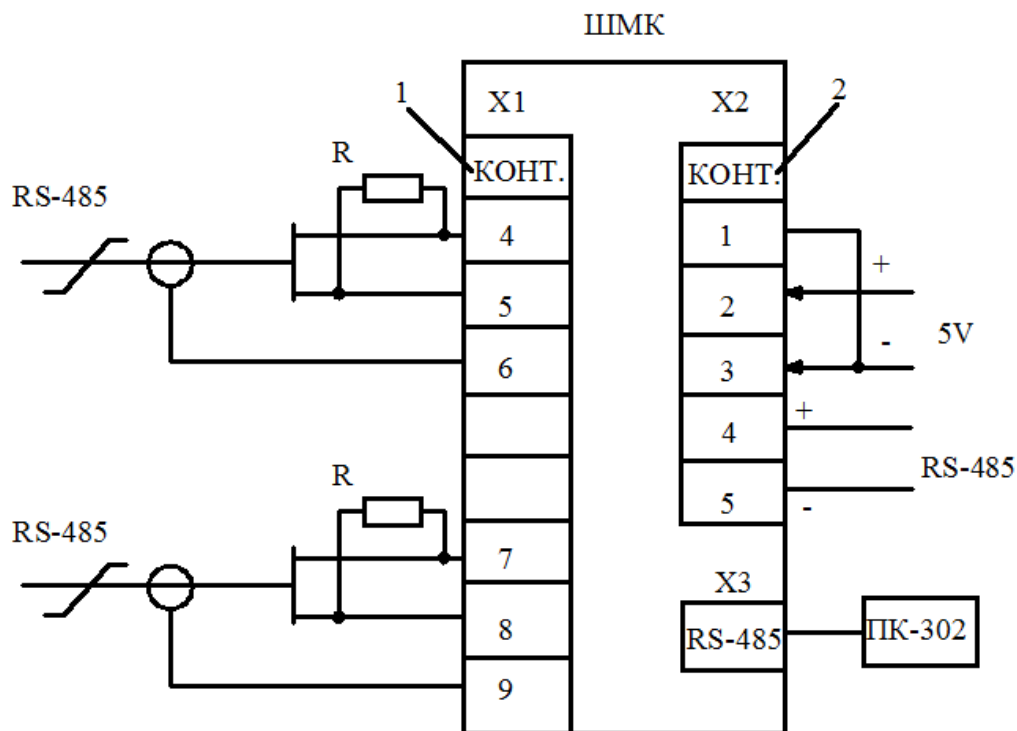


Рис.4.78. Схема зовнішніх з'єднань блоку ШМК: 1– клемна колодка; 2– контакти шинного роз'єму; R=120 Ом – резистор для узгодження ліній зв'язку у мережі.

Модулі виконані у компактних корпусах з полімерного матеріалу і містять одну чи дві (у подвоєному корпусі) друкарські плати. На передній панелі модуля є клеми для підключення кіл вхідних і вихідних сигналів (12 чи 24) і роз'єм для пульта ПК-302. Модулі встановлюються на DIN-рейку на шинні роз'єми. Під час установки модуля відбувається його підключення до шинного роз'єму. Шинні роз'єми з'єднані між собою і утворюють шину послідовного інтер-

фейсу, що має п'ять ліній наступного призначення (див. рис.4.75): 1 і 3 – GND «загальний живлення модулів»; 2 – лінія «+5В» живлення модулів; 4 і 5 – відповідно лінії D(A) і D(B) цифрового інтерфейсу RS-485. Живлення модулів здійснюється від модуля живлення МП-Д, що має таке саме конструктивне виконання.

Модулі УСО-Д є веденими пристроями польової мережі з протоколами обміну МАГІСТР або ModBus RTU і мають два канали зв'язку з інтерфейсом RS-485. По першому каналу через шинний роз'єм, розташований на DIN-рейці (див.рис.4.75), модулі УСО-Д об'єднуються у розподілену мережу у якості ведучого в якій може бути пристрій ШМК, блок БК-500 або РС. До другого каналу підключаються пульт ПК-302 або РС для настроювання чи діагностики модуля. Нижче розглянуті більш детально лише окремі модулі, що найчастіше застосовуються в процесі проектування систем автоматизації.

Модулі аналогових сигналів МАС-Д виконують функції перетворення вхідних аналогових сигналів напруги і сили постійного струму у цифровий двійковий код (АЦП) та цифрового двійкового коду у вихідний аналоговий сигнал постійного струму (ЦАП). Основні технічні характеристики модулю МАС-Д наведені у табл.4.23.

Модулі МАС-Д-01, -02 та МАС-Д-04, -05, схема зовнішніх з'єднань яких наведені на рис.4.79, мають гальванічно розподілені виходи, що забезпечуються живленням від окремого (свого) джерела напруги 24В постійного струму. Слід відзначити, що роз'єми Х2 і Х3 притаманні усім модулям УСО-Д, тому далі на схемах підключень не показані.

Модулі аналогових і дискретних сигналів МДА-Д виконують функції перетворення вхідних аналогових сигналів напруги і сили постійного струму у цифровий двійковий код (ЦАП) та перетворення цифрового коду у дискретний вихідний сигнал (ЦДП). Технічні характеристики модулів МДА-Д відповідають модулям МАС-Д. Дискретні виходи МДА-Д виконані у вигляді транзисторного ключа

(логічний нуль – незамкнений стан, а логічна одиниця – замкнений стан). Струм навантаження при комутації має не перевищувати 0,3А.

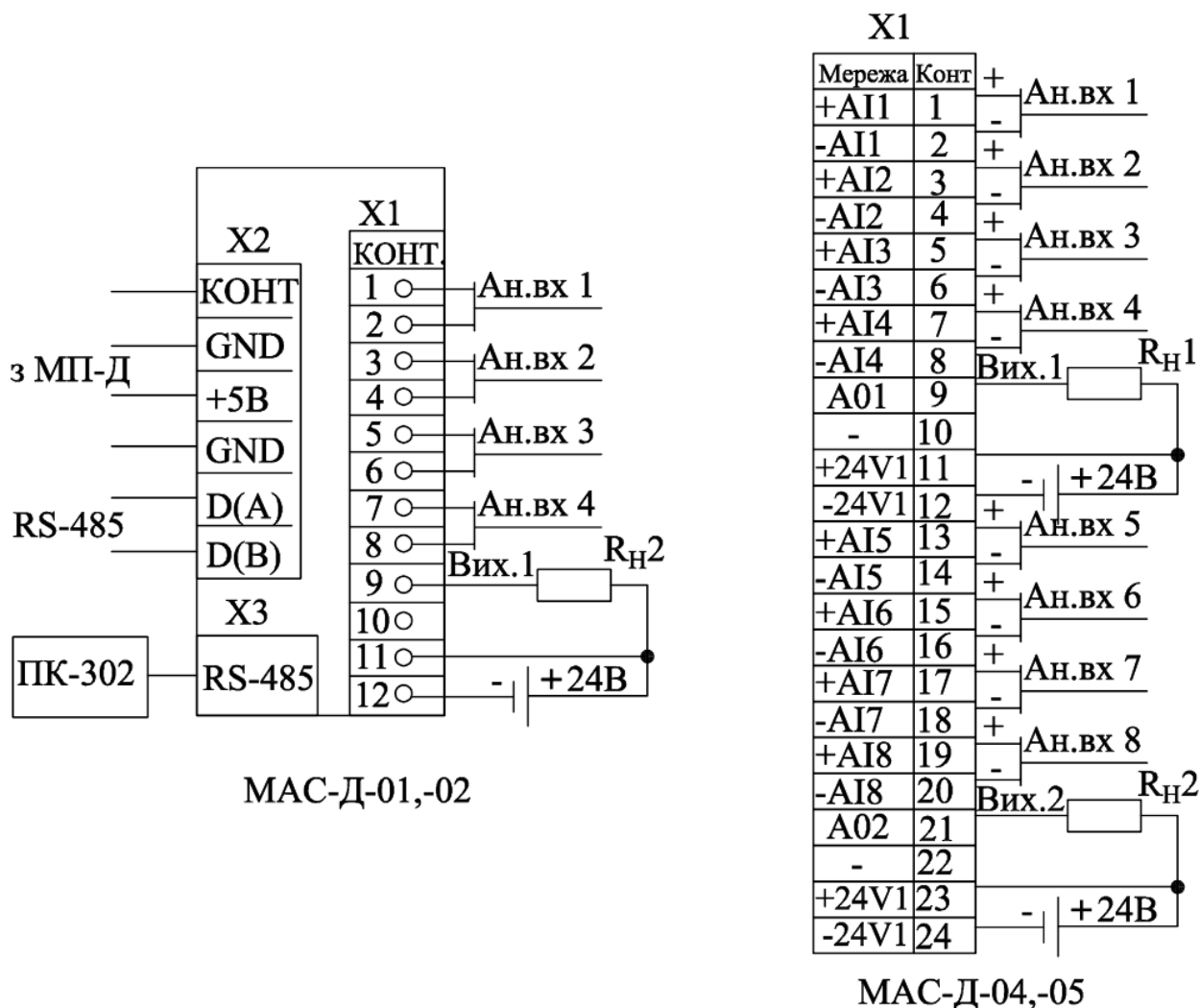


Рис.4.79. Схема зовнішніх підключень модулів MAC-Д: X1 – клемна колодка «під гвинт» для підключення входів/виходів; X2 – контакти шинного роз'єму модуля; X3 – роз'єм для підключення пульту ПК-302 до модуля в процесі його налаштування; R_H – навантаження аналогового виходу.

Входи і виходи також гальванічно розподілені. Схеми зовнішніх підключень представлені на рис.4.80.

Таблиця 4.23. Технічні характеристики модулю МАС-Д

Вид сигналу		Діапазон сигналу	Вхідний опір або навантаження, кОм	Межі припустимої основної наведеної похибки, %
Вхідний	Постійний струм, мА	0÷5 0÷20 4÷20	0,1	0,1
	Напруга постійного струму, В	0÷10	≥10	
Вихідний	Постійний струм, мА	0÷5 0÷20 4÷20	2 0,5 0,5	0,5

Модулі аналогових сигналів МАУ-Д виконують функцію прийому і перетворення уніфікованих аналогових сигналів напруги та сили постійного струму, а також сигналів термопар і сигналів напруги низького рівня, сигналів термоопорів та резистивних датчиків у цифровий код. Межа припустимої основної наведеної похибки перетворення сигналів дорівнює 0,1%.

Модуль МАУ-Д-00 має 4 входи, а модуль МАУ-Д-01 – 8 входів, які гальванічно ізольовані від інших кіл модуля. Підключення вхідних уніфікованих сигналів постійного струму здійснюється тільки через зовнішні нормовані резистори КРН-00, а сигналу 0÷10В – через резисторний роздільник КРН-01, як це представлено на рис.4.80.

Підключення термопар ТХК(L), ТХА(K), ТПП(S), ТПР(B), ТВР(A-1÷A-3), ТПП(R), ТЖК(I), ТМК(T), ТНН(N) здійснюється термоелектродним проводом з перерізом від 0,5 до 2,5 мм². Загальний опір лінії зв'язку має не перевищувати 0,25 кОм. Підключення термоопору здійснюється за 3-х провідною схемою, а загальний опір лінії зв'язку становить до 10 Ом. Невикористані входи модуля мають

бути замкнені перемичкою П, як це показано на рис.4.81 для входу N8 модуля МАУ-Д-01. На рис.4.81 наведена схема підключення термомпар з ізольованими робочими спаями, негативні виводи яких об'єднані між собою перемичкою через загальний провід.

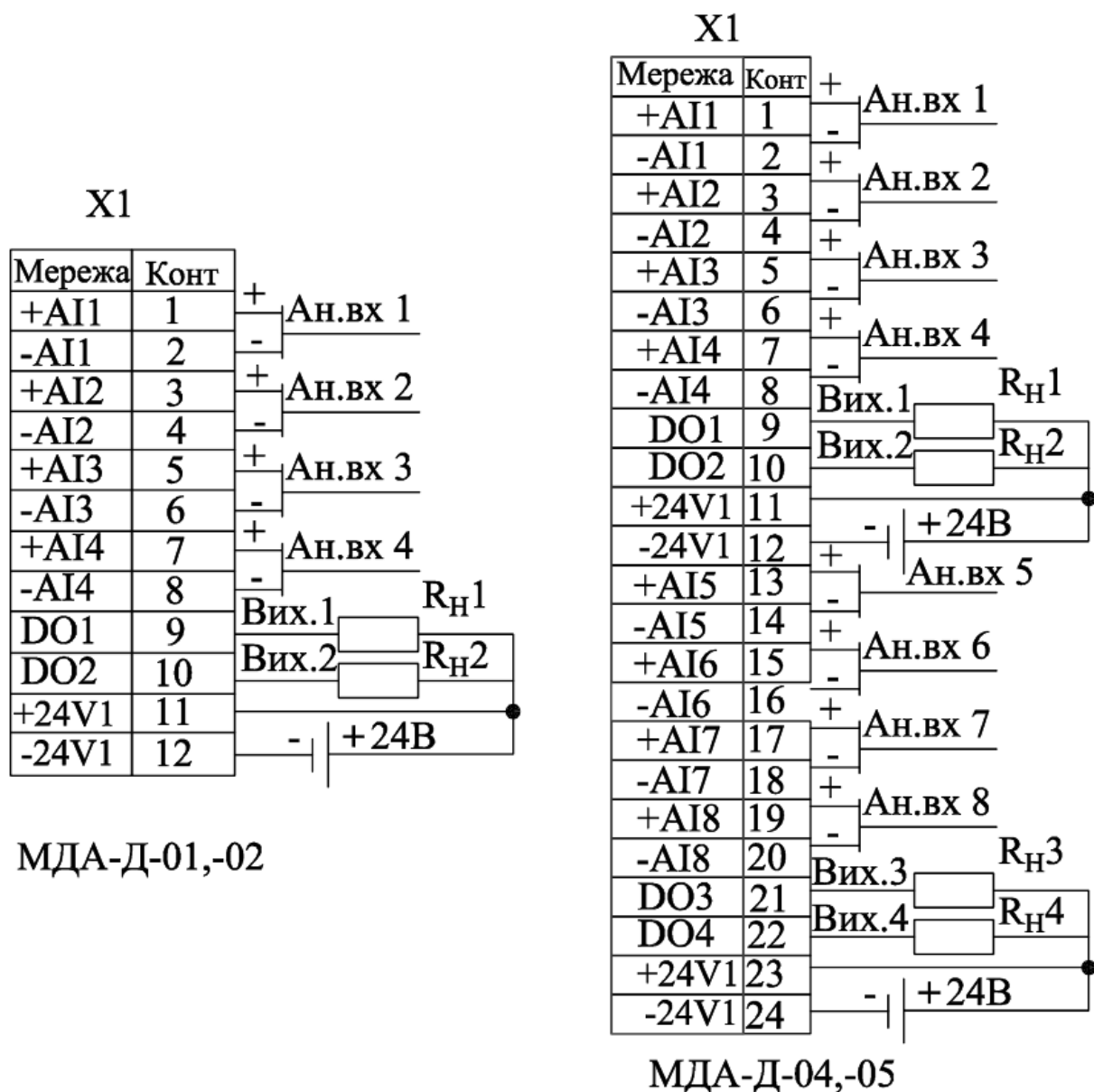


Рис.4.80. Схеми зовнішніх підключень модулів МДА-Д: R_H – навантаження дискретних виходів; X1 – клемна колодка.

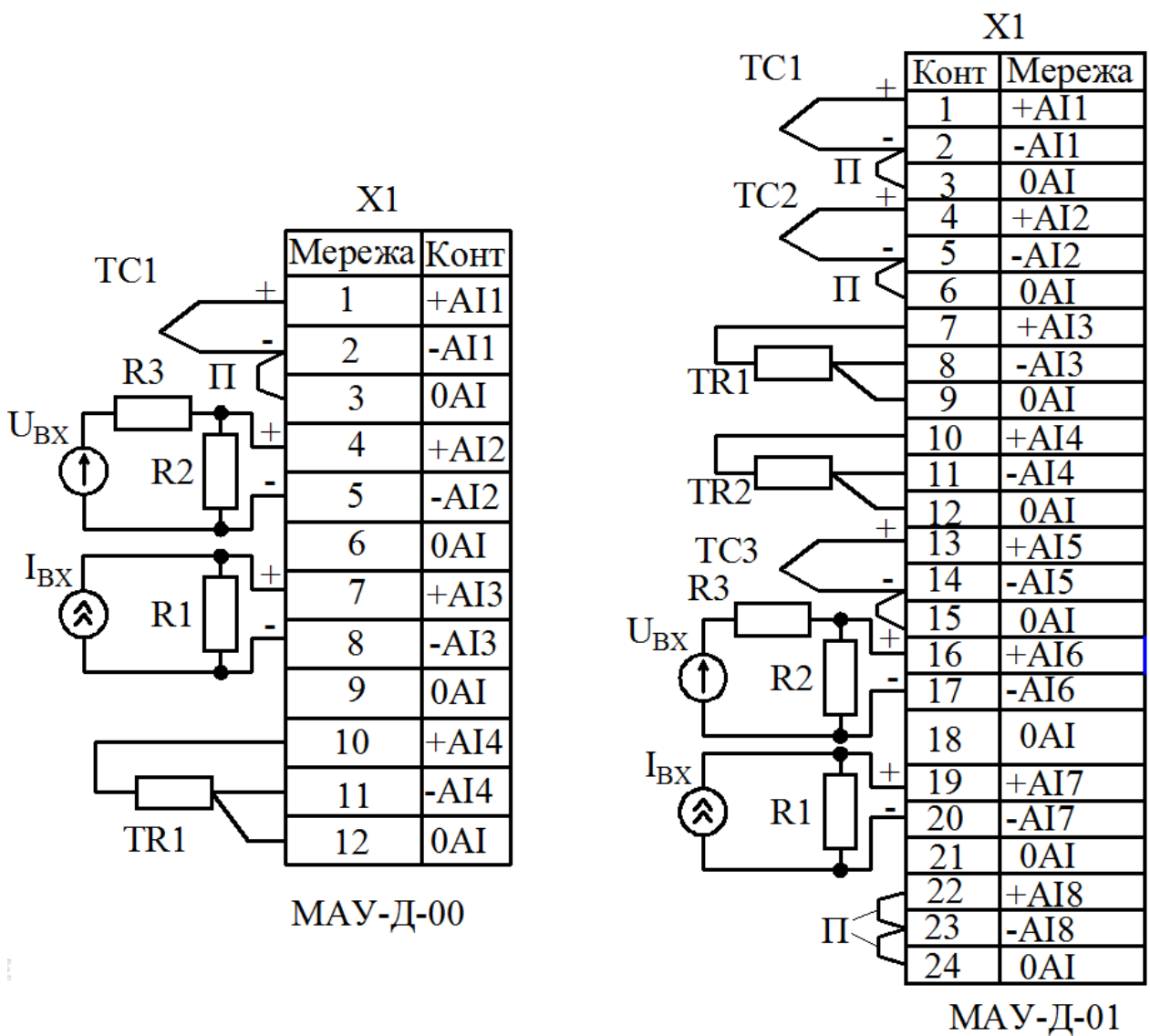


Рис.4.81. Схема зовнішніх з'єднань модуля МАУ-Д: X1– клемна колодка; R1– нормований резистор; R2, R3 – опір роздільника (КРН-01); TC – термопара; TR – термоопір; П – перемичка.

Модуль числоімпульсних сигналів МЧД-Д призначений для перетворення число імпульсного сигналу у двійковий код та перетворення сигналів від перетворювача кутових переміщень у двійковий код. Обмін зовнішніх пристроїв з модулем відбувається по інтерфейсу RS-485. МЧД-Д є веденим пристроєм польової мережі з протоколами обміну МАГІСТР або ModBus RTU. Вхідні сигнали, що надходять до модуля у вигляді прямокутних імпульсів, мають мати амплітуду 24В частотою від 0 до 2 кГц та з тривалістю біля 250 мкс. Часовий (фазовий) зсув між вихідними сигналами в каналі перетворення

кутових переміщень має складати 90 град. Схема зовнішніх з'єднань модуля наведена на рис.4.82, а на рис. 4.83 – часова діаграма сигналів першого каналу перетворення кутових переміщень.

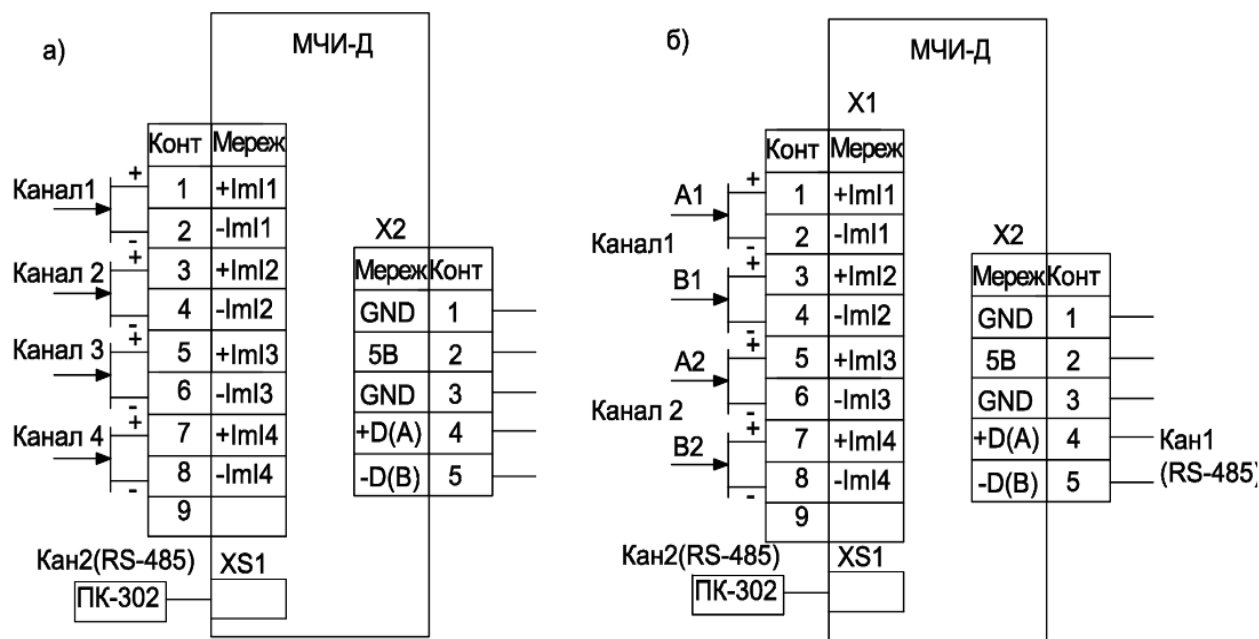


Рис.4.82. Схема зовнішніх перетворень модуля МЧД-Д у випадку перетворення числоімпульсного сигналу (а) та сигналів від перетворювача кутових перетворень (б): X1 – клемна колодка; X2 – шинний роз'єм; XS1 – роз'єм для пульту ПК-302; A1...B2 – сигнали А і В від перетворювачів кутових переміщень.

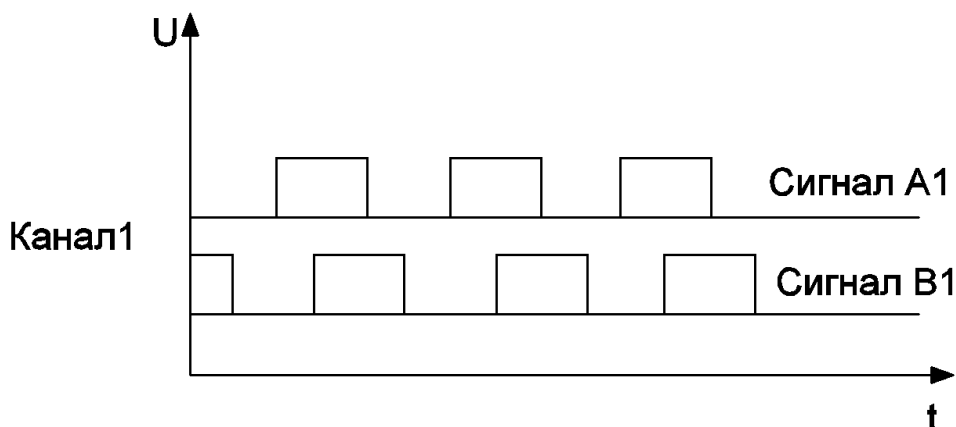


Рис.4.83. Часова діаграма вхідних сигналів каналу 1 від перетворювача кутових перетворень.

У режимі перетворення сигналу перетворення кутових переміщень у залежності від напрямку обертання відбувається збільшення накопичення лічильника модуля (сигнал А випереджує сигнал В) або зменшення накопичення лічильника (сигнал В випереджує сигнал А). Необхідний режим встановлюється споживачем за допомогою програми «КОНТРАСТ». При цьому модуль підприємством настраюється на перетворення числоімпульсного сигналу.

Модулі аналогових сигналів МВА-Д виконують функцію прийому та перетворення аналогових уніфікованих сигналів постійного струму чи напруги у цифровий код. Виготовляються у чотирьох модифікаціях. Модулі МВА-Д-00, -01 здійснюють перетворення сигналів лише постійного струму, а модулі МВА-Д-02, -03 здійснюють перетворення сигналів постійної напруги. Входи гальванічно ізольовані від інших кіл модуля. Схема зовнішніх з'єднань цих модулів для підключення зовнішніх пристроїв наведена на рис.4.84, які відрізняються кількістю виходів та тривалістю перетворення (240 мс для 4-х та 480 мс для 8-и виходів).

Модулі аналогових сигналів МАВ-Д виконують функцію перетворення цифрового двійкового коду у вихідний уніфікований аналоговий сигнал постійного струму. Модулі мають чотири гальванічно не зв'язаних аналогових виходів. Тривалість перетворення не перевищує 320 мс. Аналогові виходи є пасивні, тому живлення вихідних підсилювачів та навантаження аналогових вихідних каналів здійснюється від зовнішніх джерел постійного струму з напругою 24В. Струм споживання підсилювача вихідного каналу від зовнішнього джерела не перевищує 8мА без урахування струму у навантаженні.

Схема зовнішніх з'єднань модулів МАВ-Д наведена на рис.4.85

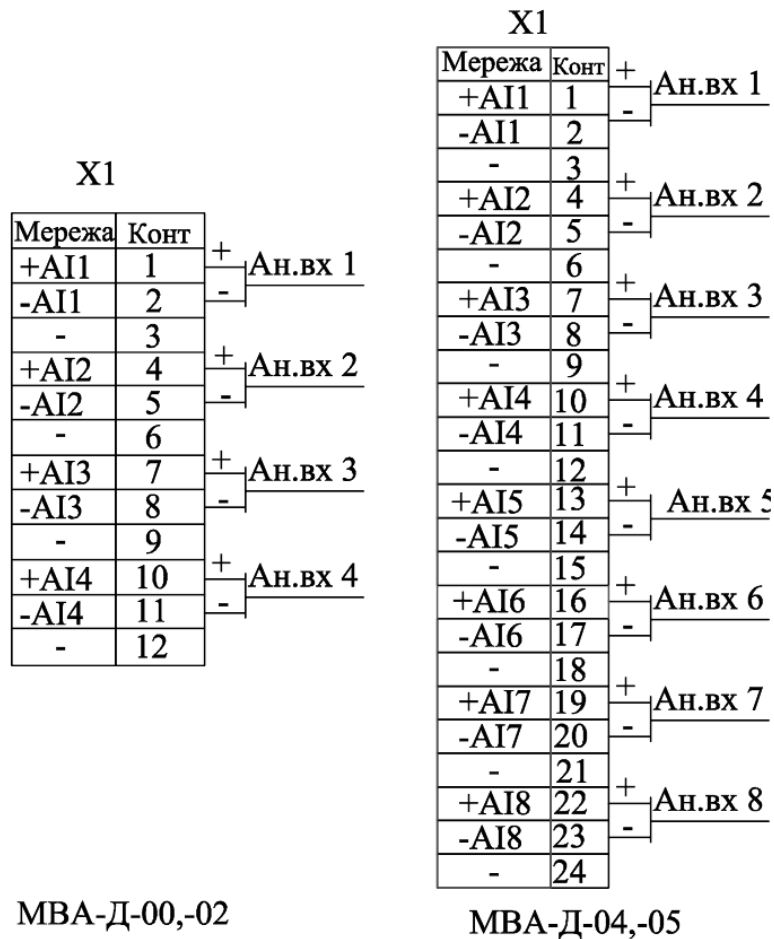


Рис.4.84. Схема зовнішніх підключень модулів МВА-Д: X1– клемні колодки.

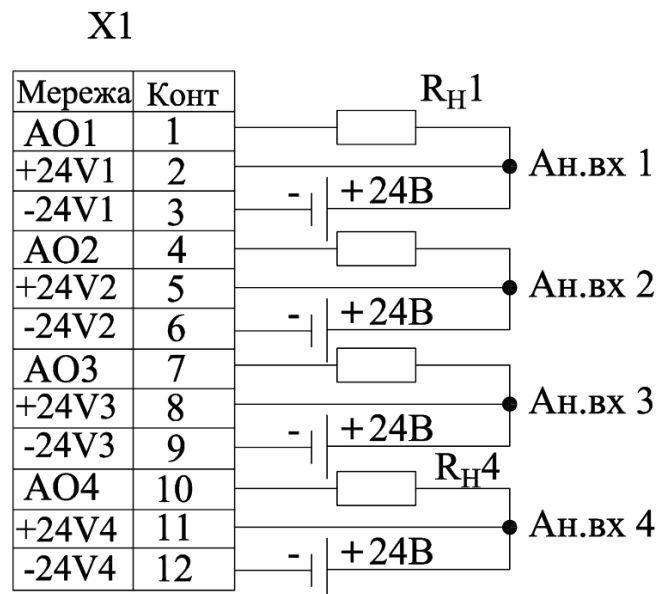


Рис.4.85. Схема зовнішніх підключень модулів МАВ-Д: X1– клемна колодка; R_H – навантаження аналогових виходів; 24В – зовнішні джерела живлення.

Модулі дискретних сигналів МСД-Д у залежності від виконання виконують функцію перетворення цифрового коду у дискретний вихідний сигнал (ЦДП) та перетворення вихідних дискретних сигналів у цифровий двійковий код (ДЦП). Входи-виходи мають групову гальванічну розв'язку. Модулі МСД-Д-00 мають дві групи по 4 виходи у кожній, МСД-Д-01 – чотири групи по 4 виходи в кожній, МСД-Д-02 – дві групи по 4 виходи в кожній та дві групи по 4 входи в кожній, МСД-Д-03 – дві групи по 4 входи в кожній, а МСД-Д-04 – чотири групи по 4 входи в кожній. При цьому на вході логічному «0» відповідає напруга постійного струму ($0 \div 7\text{В}$), а логічній «1» – $(24 \pm 6)\text{В}$ за вхідного струму не більше 5мА. На виході логічному «0» відповідає розімкнутий стан, а логічній «1» – замкнений стан транзисторного ключа, який може комутувати постійну напругу 24В і струм не більше 0,3А. Модулі МСД-Д також виконують функції лічення вхідних імпульсів для чого необхідно паралельно джерелу вхідного сигналу (датчику) підключати резистор 20 кОм потужністю не менше 0,25 Вт, діагностування ліній зв'язку вхідного сигналу, вмикання-вимикання виходів та короткого замикання, а також захист від короткого замикання у разі збільшення струму навантаження понад 10мА на дискретних виходах з встановленням прапорця струму навантаження «10 мА». Схема зовнішніх з'єднань модулів МСД-Д із живленням кіл напругою 24В наведена на рис.4.86.

Призначення інших модулів УСО-Д, наведених у табл.4.21, наступне:

- модуль МРС-Д виконує функції прийому і перетворення сигналів термометрів опору та резистивного датчика у цифровий код без додаткових нормованих перетворювачів;

- модуль МТС-Д здійснює прийом і перетворення сигналів термомпар та сигналів низького рівня постійної напруги у цифровий код без додаткових нормованих перетворювачів;

- модуль МВС-Д призначений для перетворення цифрового двійкового коду у силовий сигнал змінного струму.

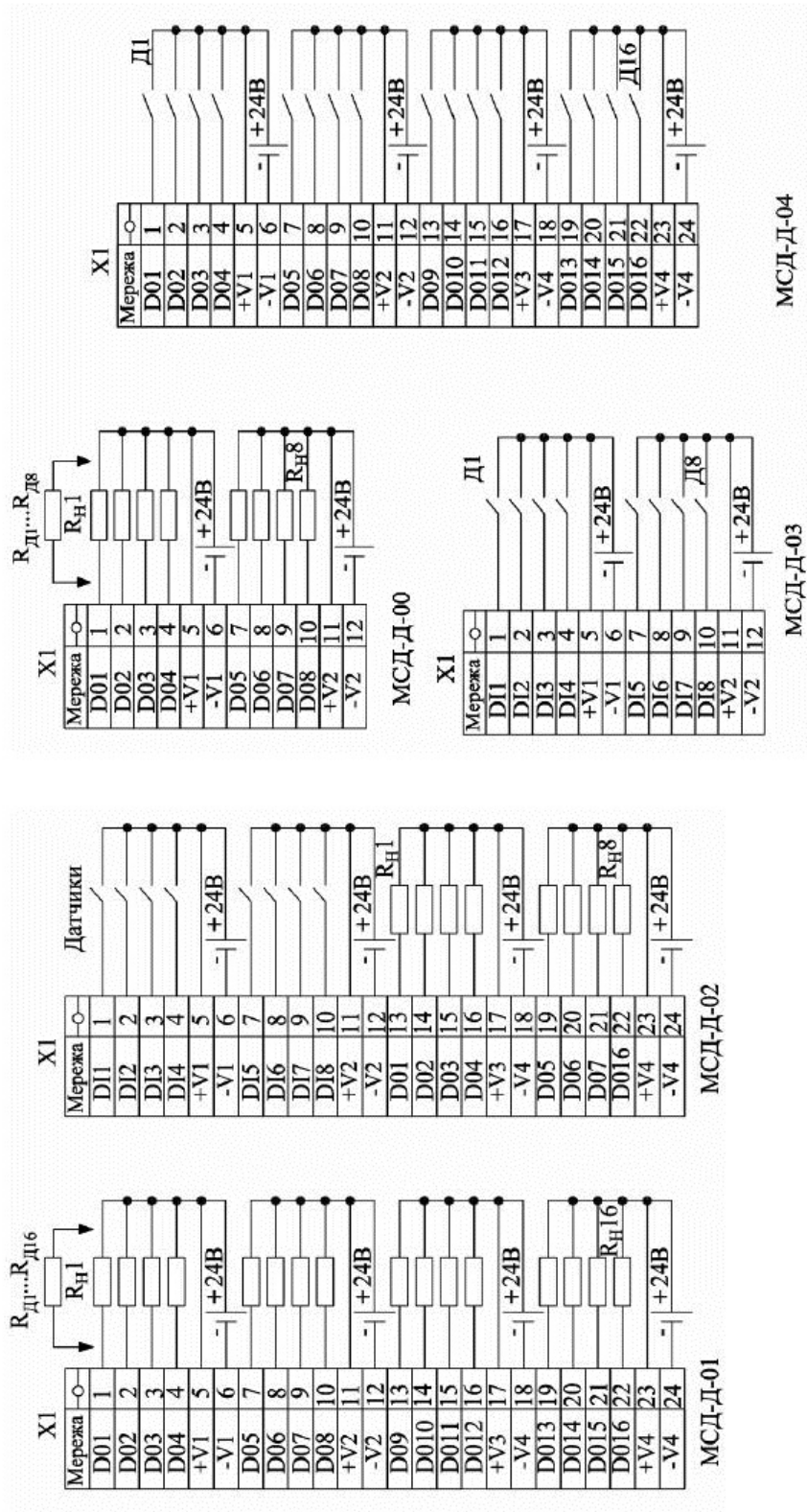


Рис.4.86. Схема зовнішніх підключень модулів MSD-D: X1 – клемні колодки; Д – датчики дискретних входів; R_H – навантаження дискретних виходів; $R_{D1} \div R_{D16}$ – резистори (2 кОм) для забезпечення нормального функціонування дискретного виходу у разі струму навантаження меш ще 10мА; 24В – зовнішнє джерело живлення.

Модуль МП-Д забезпечує живлення ШМК та вищеперелічених модулів УСО-Д стабілізованою напругою 5В постійного струму, схему зовнішніх підключень якого наведено на рис.4.87.

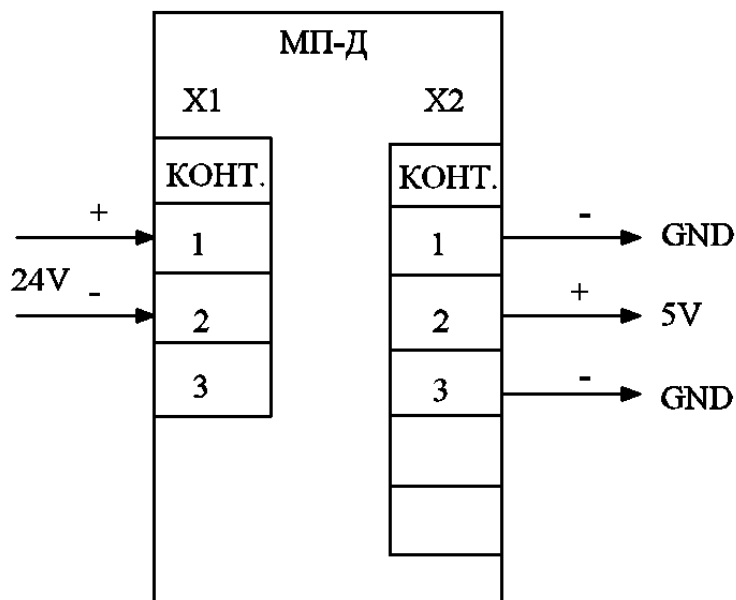


Рис.4.87. Схема зовнішніх підключень модуля МП-Д: X1– клемна колодка; X2– контакти шинного роз'єму модуля.

Блоки живлення мають широку номенклатуру. Блоки БП-4М15 та БП-Г призначені для живлення блоку БК-500 і блоків, що входять до складу контролера, а також для живлення кіл дискретних входів-виходів і аналогових виходів контролера. Виготовляються у двох виконаннях:

- виконання БП-4М15-00 має чотири виходи із струмом навантаження до 0,4А на перших двох виходах та до 0,1А на других двох виходах;

- виконання БП-4М15-1 має два виходи із струмом навантаження до 0,5А по кожному виходу;

- виконання БП-Г-00 має чотири виходи із струмом навантаження до 2А по першому виходу та до 0,4А на інших трьох виходах;

- виконання БП-Г-01 має один вихід із струмом навантаження до 4А.

Усі виходи гальванічно розділені. Схема зовнішніх підключень блоків живлення БП-4М15 представлена на рис.4.88.

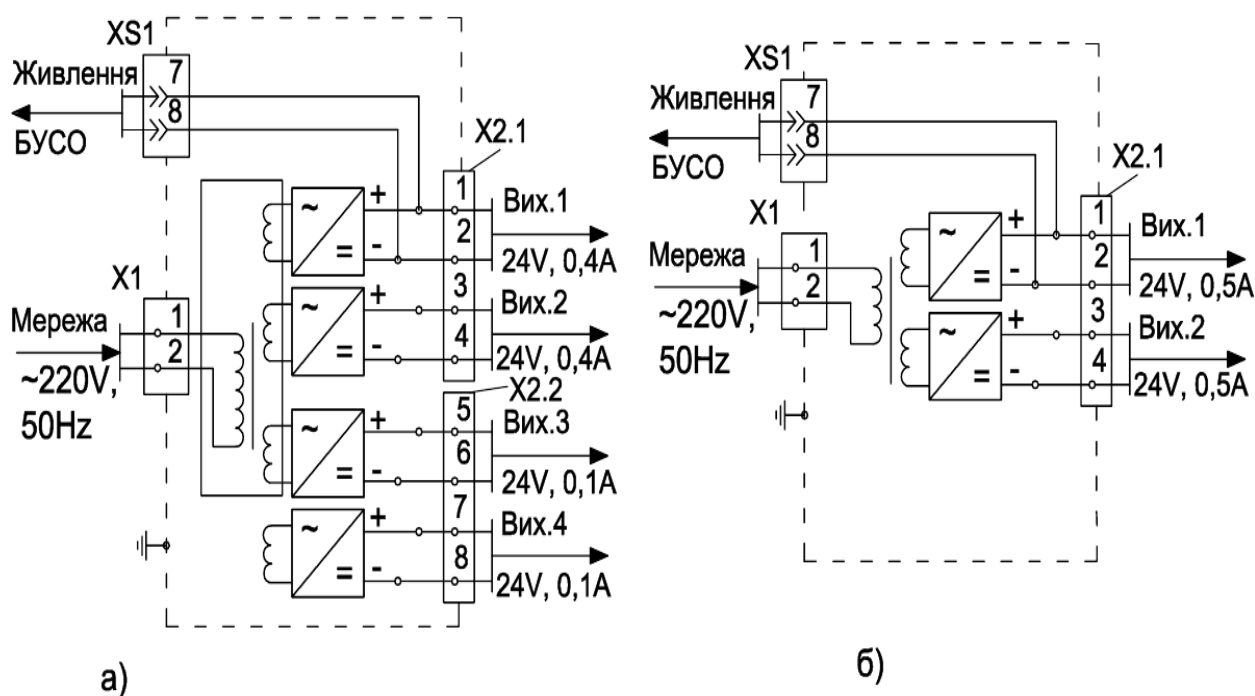


Рис.4.88. Схема зовнішніх підключень блоків живлення БП-4М15-00 (а) і БП-4М15-01 (б).

Блок безперебійного живлення БП-24 призначений для живлення споживачів нестабілізованою напругою 24В постійного (ББК-24) та змінного (БП-24-02) струму, а у випадку відключення напруги живлення виконання цієї функції здійснюється від вмонтованих акумуляторних батарей, що забезпечує безперервність роботи схем технологічного захисту.

Блок живлення БП-Д забезпечує перетворення нестабілізованої напруги постійного струму 24В у стабілізовану, величина якої (17, 24, 36, 22 В) залежить від виконання блоку. Блок застосовується для живлення датчиків, що використовуються при побудові АСКТП з контролерами серії КОНТРАСТ, та має два вихідних сигнали напруги живлення.

Блоки керування електродвигунами реверсивні БУЕР призначені для безконтактного керування електричними виконавчими

механізмами (ВМ) типу МЕО, МЕОФ, МЕР, МЕМ з однофазним або трифазним електродвигуном. Блоки БУЕР мають різні виконання, що визначають функціональні можливості та умови застосування.

Блоки БУЕР1-30-00, БУЕР1 призначені для безконтактного керування електричними ВМ з однофазним електродвигуном. Виконують функції пуску, реверсу, зупинки електродвигуна у відповідності з дискретними вхідними сигналами «більше» та «менше».

Блоки БУЕР3-30-00, БУЕР3 призначені для безконтактного керування електричними ВМ з трифазним електродвигуном. Виконують також функції пуску, реверсу, зупинки електродвигуна за дискретними вхідними сигналами «більше» та «менше», а також захисту силових ключів від короткого замикання та настроюваного захисту асинхронного електродвигуна від перевантаження по струму.

Блоки БУЕР розраховані для керування електродвигуном, потужність якого має бути до 1,1 кВт. Окремі моделі блоків контролерів БУЕР 1-30-02, БУЕР 3-30-02, -03 мають резервовані інтерфейсні цифрові канали RS-485 (2 канали) для керування ВМ. Схеми зовнішніх з'єднань блоків БУЕР з підключенням до виконавчого механізму наведені на рис.4.89 і 4.90.

Перетворювач інтерфейсу ПИ-3 призначений для перетворення послідовного цифрового інтерфейсу RS-232 у RS-485 з автоматичним переключенням напрямку передачі. Він може бути використаним для підключення шлюзового каналу КР-500 (RS-485ШК1 або ШК2) до СОМ-порту РС (RS-232). Довжина лінії зв'язку від ПИ-3 до контролера має бути не більше 1,2 км. Для зв'язку РС з ПИ-3 застосовується інтерфейсний з'єднувач ИС-9 довжиною 1,5 м.

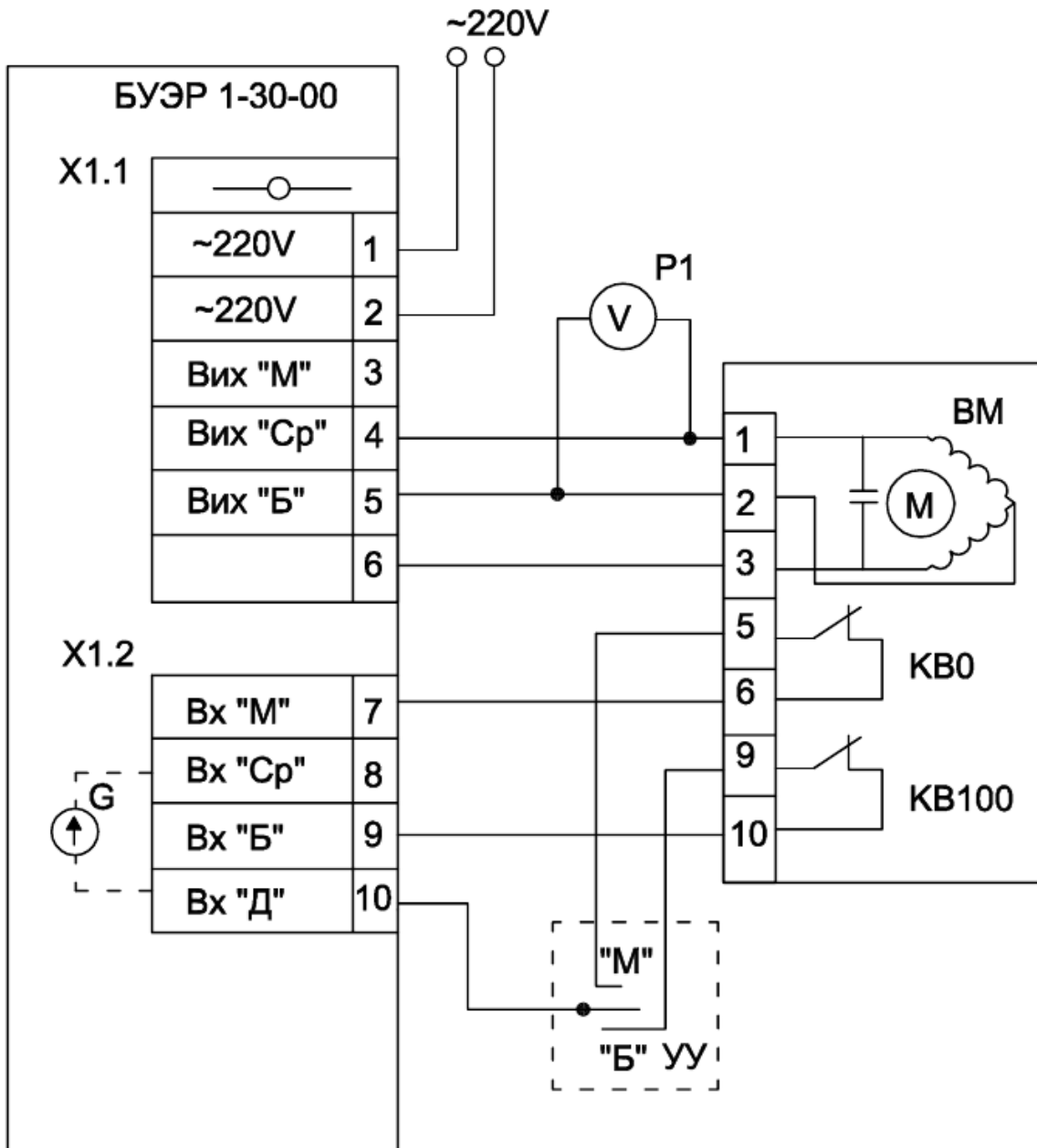


Рис.4.89. Схеми підключення блоків БУЕР1-30-00 (БУЕР1) до виконавчого механізму МЕО: X1.1, X1.2 – клемні колодки на передній панелі для підключення силових кіл живлення та сигналів керування; УУ – пристрій (тумблер чи блок) керування; KV0 і KV100 – кінцеві вимикачі крайніх положень ВМ; G – внутрішнє джерело постійної напруги живлення (24В).

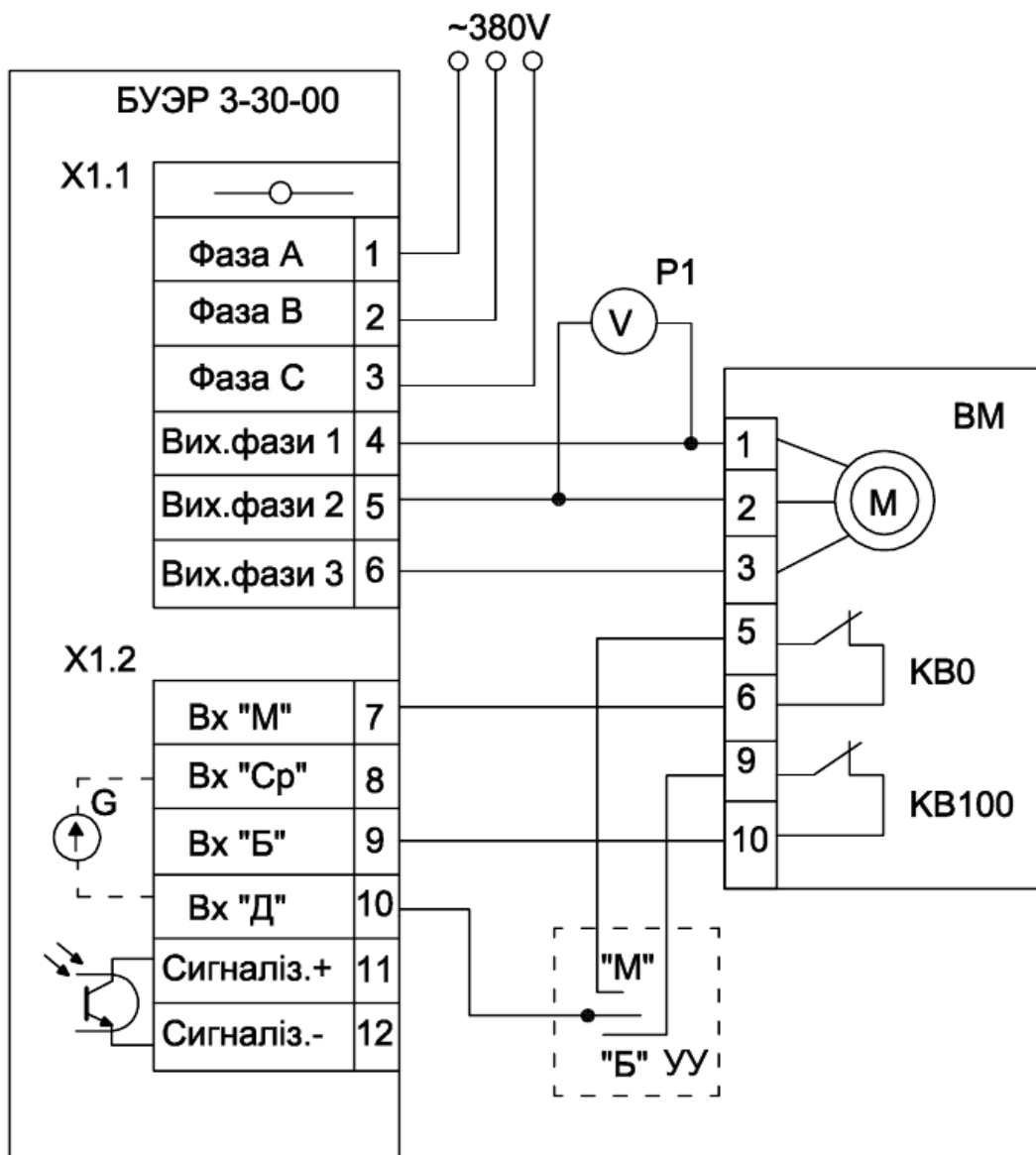


Рис.4.90. Схема підключення блоків БУЄР3-30-00 (БУЄР3) до виконавчого механізму (ВМ); X1.1, X1.2 – клемні колодки на передній панелі для підключення силових кіл живлення та сигналів керування; P1 – індикатор напруги; G – внутрішнє джерело постійної напруги живлення (24В).

Перетворювач, загальний вигляд якого наведено на рис.4.91а, виконаний у пластмасовому корпусі. На кришці розташовані три індикатори: живлення, прийому і передачі. ПИ-3 містить схему перетворення інтерфейсів з гальванічним розподіленням. Підключення до кіл інтерфейсів RS-232 та RS-485 здійснюється через 9-ти контактні роз'єми згідно схеми на рис.4.91б. Шляхом встановлення пере-

мички на штирьовому з'єднувачі X1, що відповідає заданій швидкості передачі, забезпечується узгодженість зі швидкістю контролера. Дискретність зміни швидкості наступна (Бод): 9600, 19200, 38400, 57600, 115000. Для організації зв'язку модуля УСО-Д (роз'єм X3) і РС через ПИ-3 (роз'єм X3) при програмуванні та настроюванні модуля застосовується інтерфейсний з'єднувач ІС-485, довжина якого складає 0,9 м.

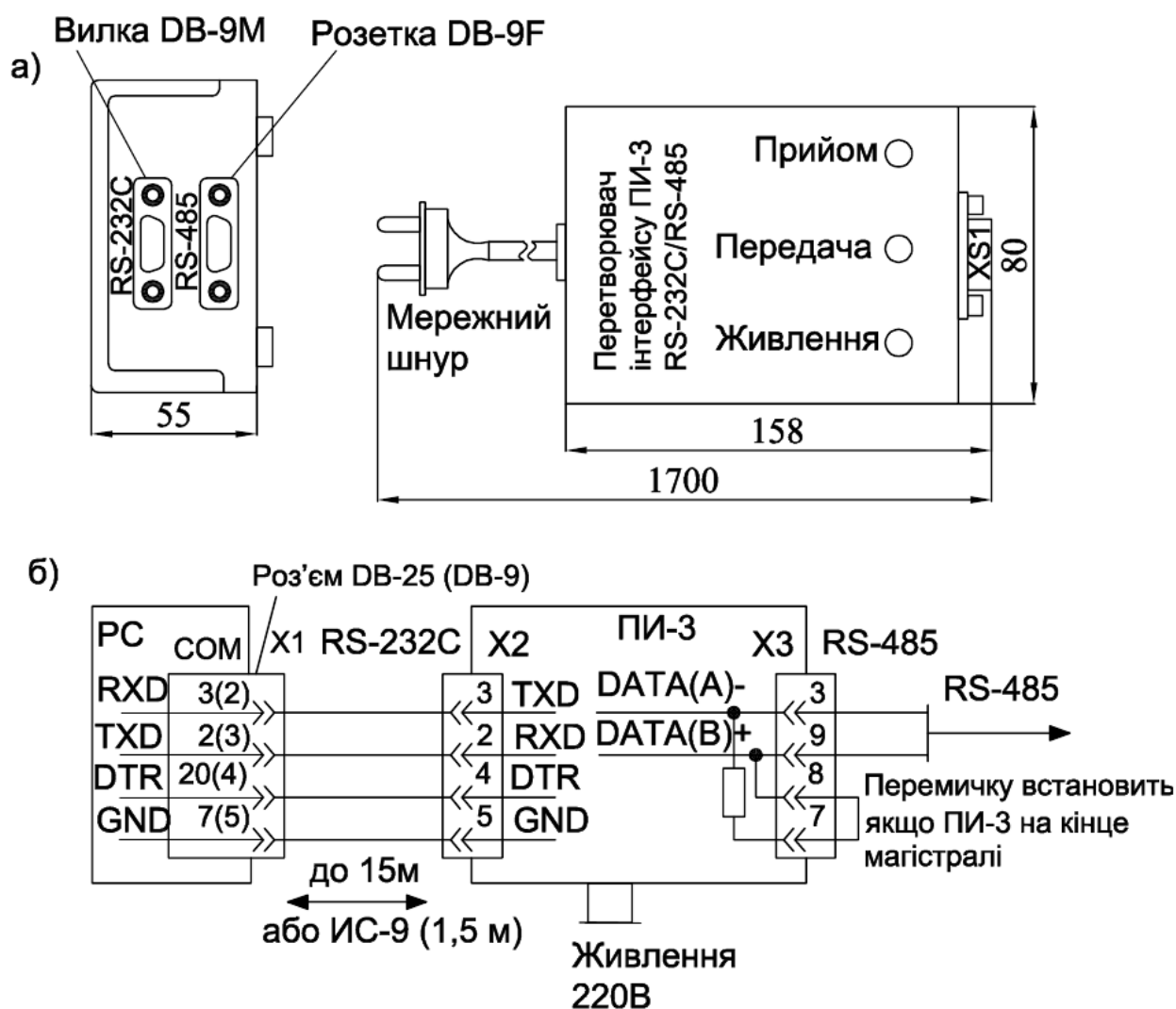


Рис.4.91. Загальний вигляд та схема підключення перетворювача інтерфейсу ПИ-3.

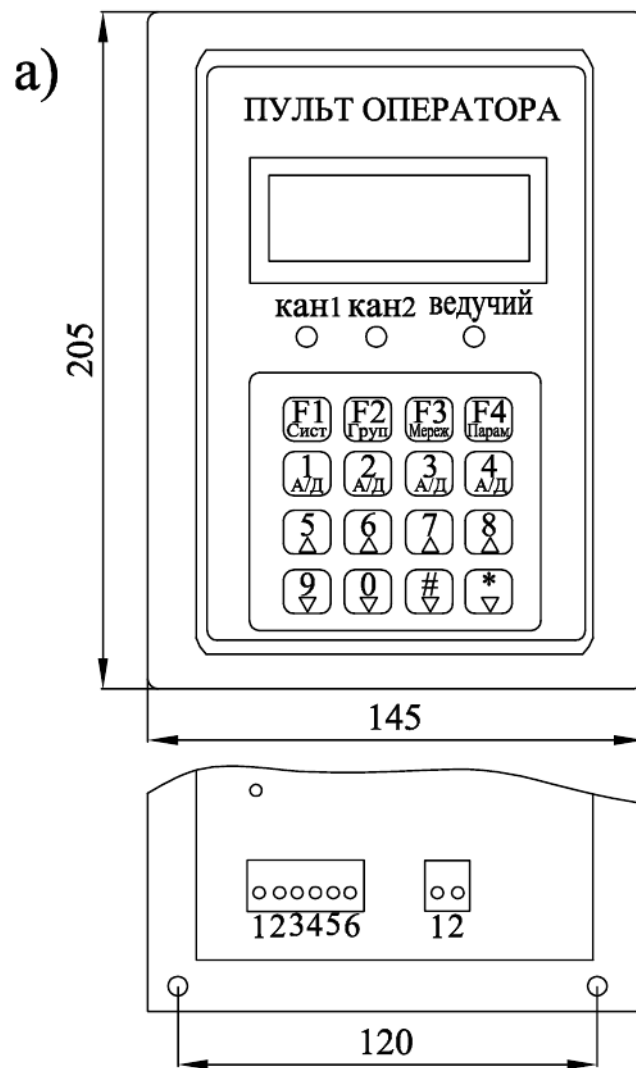
Блоки підсилення потужності та перемикування за призначенням та принципом дії ідентичні відповідним блокам, що входять до складу контролера Р-130. Однак за технічними характеристиками,

що представлені у табл.4.24, дещо відрізняються. Для блоків БУМ-30 це стосується кількості каналів, пристроїв комутації для зовнішніх підключень (розетка DHS-15F для подачі вхідних сигналів і вилка РП10-22 для силових вихідних кіл) та застосування більш економічних реле (845Н-2С-С24VDC), що керують силовими колами. Крім того, на передній панелі блоку поруч з вилкою та розеткою розташовані світлові індикатори вмикання реле. У блоці БПР-30 застосовані слаботочні реле типу TRS-24VDC-SB-L20, а на передній панелі розташовані розетка DHS-15F для вхідних сигналів, вилка DB-25M для сигналів рівня 24В постійної напруги та світлодіоди групового спрацьовування реле і заборони спрацьовування.

Таблиця.4.24. Основні технічні характеристики допоміжних блоків БУМ і БПР у складі КР-500.

Характеристика	БУМ-30	БУМ-50	БПР-30	БПР-50
Кількість каналів перетворення і перемикачів кіл	4	1	8	9
Напруга живлення, В	24	24	24	24
Комутаційна здатність вихідних контактів:				
Постійна напруга В(струм,А)	220(0,25) 220(2)	220(0,25) 220(2)	24(0,3) 12(0,2)	24(0,3) 12(0,2)
Змінна напруга В(струм,А)				

Пульт оператора ПО призначений для представлення інформації та дистанційного керування у розподілених системах автоматизації, побудованих на польових пристроях контролера. Пульт виконаний у корпусі з полімерного матеріалу з алюмінієвою передньою панеллю. Загальний вигляд з розташуванням клемних колодок на задній стінці ПО представлений на рис.4.92а, а схема підключень на рис.4.92б.



б)

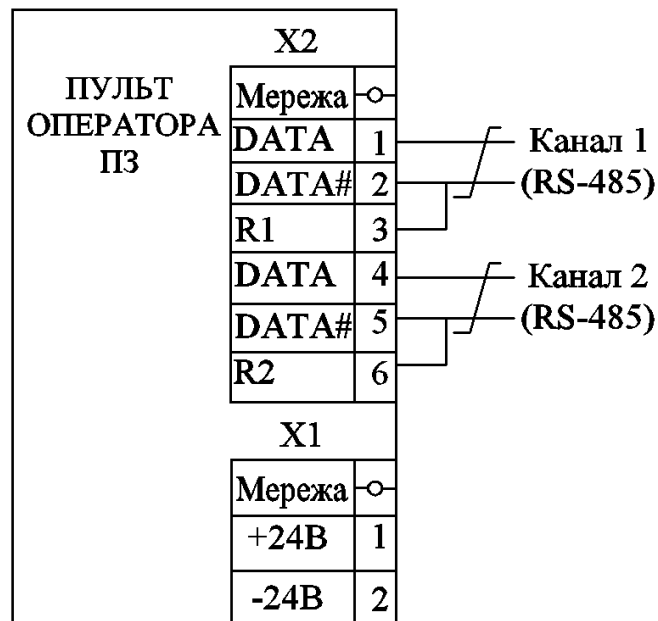


Рис.4.92. Загальний вигляд (а) та схема підключення (б) пульта оператора.

На передній панелі ПО розташовані 16 клавіш і рідкокристалічний екран, а також три світлодіоди для індикації обміну по каналах інтерфейсного зв'язку та режиму «ведучий». Пульт є веденим пристроєм польової мережі з протоколами обміну МАГІСТР або ModBus RTU. ПО має можливість забезпечити оперативне керування одночасно чотирма контурами регулювання по каналу польової мережі, взаємодіючи з контролером і мікроконтролерами БУЕР, що підключені до цього каналу. На відміну від інших мікроконтролерів, пульт може бути переведено у режим «ведучий» польової мережі. При цьому забезпечується можливість прямого (без участі контролера) дистанційного керування обраним електричним виконавчим механізмом з функціональних клавіш пульта.

Допоміжні блоки і пристрої є також складовими частинами контролера КР-500, серед яких слід виділити пульт контролера ПК-302, блок вводу БВ-Д-50, захисні пристрої ЗУ і комплект резисторів КРН.

Пульт контролера ПК-302 призначений для керування режимами роботи контролера КР-500, оперативного контролю і керування технологічними програмами, параметрами їх настроювання та параметрами контролера в цілому в процесі роботи або підготовки до роботи. Пульт також може бути підключений до інших мікропроцесорних пристроїв, що входять до складу КР-500, для виконання функцій встановлення мережних параметрів і параметрів настроювання, а також перевірки роботоздатності у мережі вказаних пристроїв.

Пульт виконаний з полімерного матеріалу, загальний вигляд якого наведений на рис.4.93.

На лицьовій панелі розташовані чотири одиничних індикатори (ОШ, РЕЖ, МК, ШК.), рідкокристалічний дисплей і клавіатура керування з позначеннями ідентичними моделі Р-130 та табличка з позначенням пульта і його номером. З верхнього боку виходить кабель з роз'ємом для підключення до модулів КР-500 або іншого пристрою. Пульт завжди є веденим пристроєм по відношенню до того, з яким він працює. Призначення клавіш клавіатури та зміст екрану

пульта визначає ведучий пристрій. Живлення ПК-302 здійснюється напругою 5В.

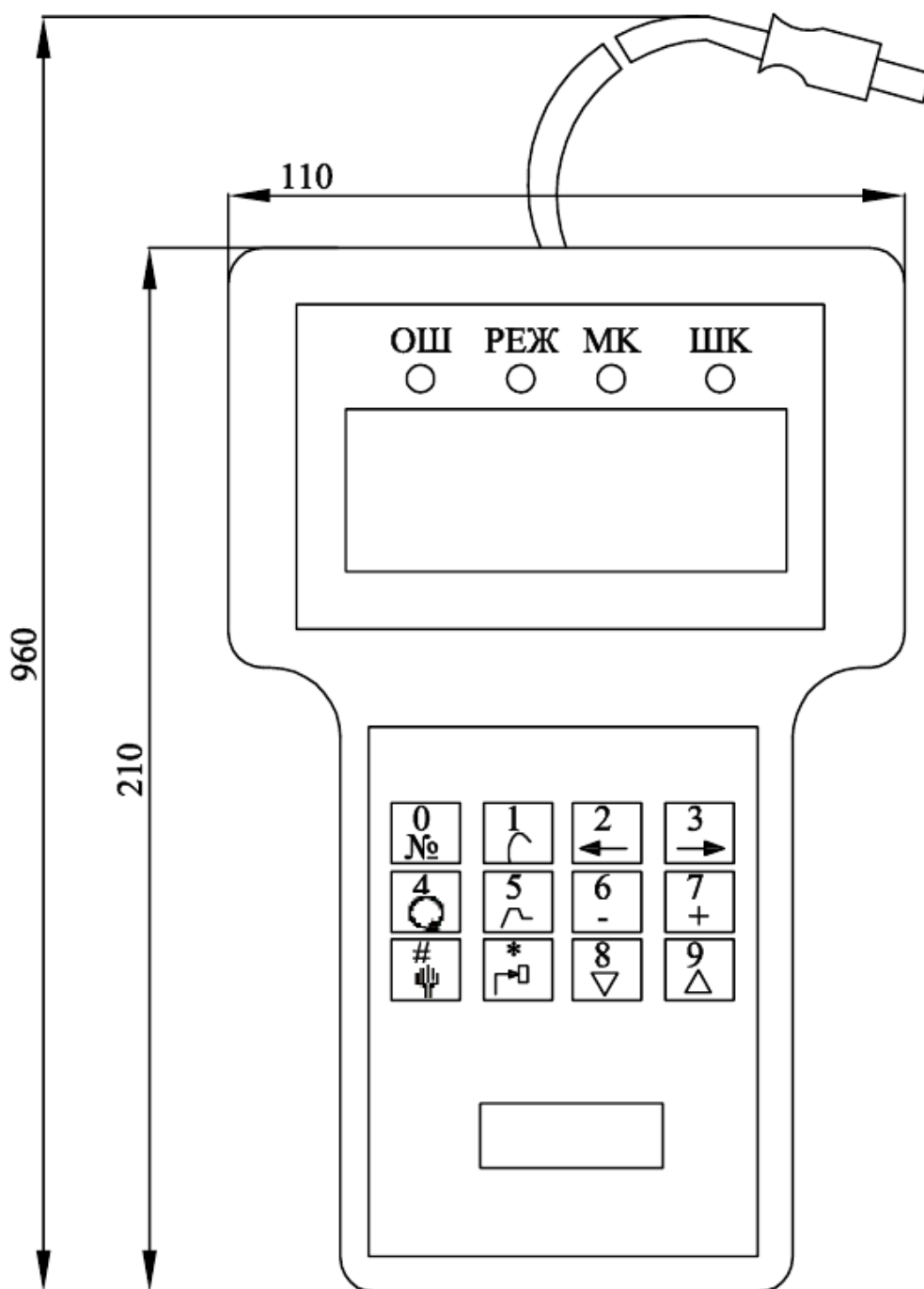


Рис.4.93. Загальний вигляд пульту ПК-302.

У режимі БК-500 «РОБОТА» пульт має наступні режими роботи: режим «КОНТРОЛЬ» (оперативний контроль і керування контурами регулювання); режим «НАСТРОЙКА» (настроювання і

контроль параметрів контролера та алгоритмів). У режимі БК-500 «ПРОГРАМУВАННЯ» пульт має тільки один режим «програмування». Перехід пульта у режими “програмування» або «настройка» відбувається по паролю. Керування роботою ПК-302 в усіх режимах здійснюється комбінаціями клавіш у відповідності з табл.4.25. При цьому на рідкокристалічному екрані у крайній лівій позиції верхньої строки відображаються відповідно букви цих режимів К (контроль) чи Н (настройка).

Таблиця 4.25. Переключення режимів пульта ПК-302







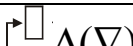



Режим	Клавіші	Клавіші (додаткові позначення)
«Контроль»	← →	2 3 (одночасне натискання)
«Настройка»	+ -, Ψ , пароль, → Δ	6 7, #, число, 3 9 (послідовне натискання)
«Програмування»	+ -, Ψ , пароль, ← Δ	6 7, #, число, 2 8 (послідовне натискання)
Примітка: Пароль – число 379268		

Оперативне керування контурами регулювання у режимі «контроль» можливе за наявності у технологічній програмі, що розроблена на мові ФАБЛ, алгоритмів ОКР. Загальний перелік команд оперативного керування наведено у табл.4.26.

Таблиця 4.26. Перелік команд оперативного керування у режимі контролю

Клавіші	Команди
№ (←, +, →)	Вибір номера контура
←(→)	Вибір режиму контура
Ψ	Перехід на ручний режим
Ψ Δ(∇)	Ручна зміна виходу

Закінчення табл.4.26

	Перехід на автоматичний режим
	Перехід на дистанційний режим
	Відміна дистанційного режиму
	Перехід на локальний режим
	Перехід на каскадний режим
	Перехід на ручний задатчик
	Ручна зміна завдання
	Перехід на програмний задатчик
	Індикація сигналів завдання, розузгодження і входу алгоритму ОКР у відсотках
	Індикація сигналів завдання, розузгодження і входу алгоритму ОКР в технічних одиницях

Перелік процедур, що виконуються у режимах програмування і настроювання, наведено у табл.4.27. Вибір потрібної процедури здійснюється за допомогою клавіш з позначкою «→» чи «←». Коли потрібна процедура буде набрана, то натиснута клавіша відпускається.

Таблиця 4.27. Перелік процедур для виконання у режимах програмування і настроювання

«Процедура»	Режим «Програмування»	Режим «Настроювання»
«Тест»	Тестування	
«Помилки»	Контроль помилок контролера	
«Параметри часу»	Контроль і установка часових параметрів контролера	
«Ethernet»	Установка параметрів мережі МАГІСТР	Контроль параметрів мережі МАГІСТР
«Конф-я ПС1»	Контроль пристроїв польової мережі 1	

«Конф-я ПС2»	Контроль пристроїв польової мережі 2
«Конф-я ПС3»	Контроль пристроїв польової мережі 3
«Конф-я ПС4»	Контроль пристроїв польової мережі 4
«ПРОТЕКСТ»	Контроль і установка значень змінних ПРОТЕКСТ-програм
«Входи АлгБл»	Контроль входів алгоблоків і установка коефіцієнтів
«Виходи АлгБл»	Контроль виходів алгоблоків

Клавіша з позначкою «№» використовується для входу у процедуру та вибору потрібного параметра. Вибір цих параметрів здійснюється послідовно: при кожному натисканні клавіші «№» викликається черговий параметр, що приймає участь у даній операції. Цей параметр у разі необхідності можна змінювати за допомогою клавіш «Δ» (більше) чи «∇» (менше). Після того, як всі параметри, що беруть участь у даній процедурі будуть викликані та встановлені, то чергове (останнє) натискання клавіші «№» скидає останній викликаний параметр. Натискання клавіші «○» забезпечує відміну обраних параметрів в порядку зворотному їх вибору. Усі викликаємі параметри в режимах К, Н чи П індицируються у відповідних строках екрану пульта. Слід відзначити, що у режимі програмування виконуються всі операції тестування контролера для перевірки ПЗП, ОЗП, ПЗП, флеш-файлу, сторожу циклу, резервного живлення, інтерфейсних каналів. При цьому у відповідній строці екрану видається результат проходження тесту (відсутність чи наявність помилки з відповідним кодом, що розшифровує її).

Блок вводу БВ-Д-50 призначений для застосування у схемах керування електричними приводами насосів, запірної арматури у складі АСКТП. Блок перетворює сигнали контактних пристроїв у дискретні сигнали логічного рівня.

Захисний пристрій ЗУ призначений для забезпечення нерозривності кіл уніфікованих сигналів постійного струму, що підключені до відповідних входів модулів УСО-Д, у випадку необхідності демонтажу модулів. Загальна схема ЗУ наведена на рис.4.94. Захисний пристрій приєднується до модулів через проміжний клемник.

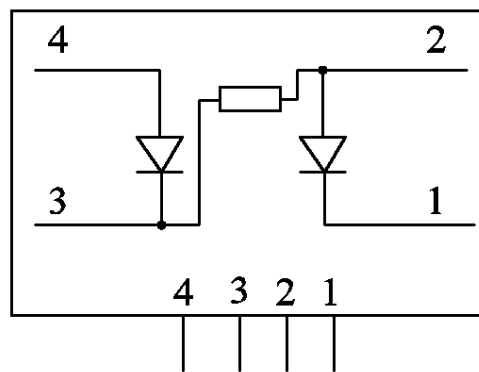


Рис.4.94. Схема захисного пристрою (ЗУ).

Комплект нормованих резисторів КРН призначений для підключення уніфікованих сигналів постійного струму і напруги до модуля МАУ-Д. Для підключення сигналів інших типів до цього модуля комплект КРН не потрібен.

Мережна структура АСКТП, завдяки реалізованій підтримці у контролері мереж Ethernet та МАГІСТР, може бути побудована за одним із наступних способів організації інтерфейсних зв'язків: радіальна мережа з топологією «точка-точка»; магістральна мережа з виділеним ведучим і технологією багатоточкового з'єднання типу «моноканал»; комбінована радіально-магістральна мережа з топологією багатоточкового з'єднання типу «моноканал».

Програмно-апаратні засоби контролера реалізують підтримку його функціонування у складі локальної мережі МАГІСТР, яка забезпечує: прийом, транспортування і виконання команд та запитів верхнього рівня під час настроювання і програмування контролерів за допомогою програмного пакету КОНТРАСТ; прийом, транспортування і виконання команд та запитів верхнього рівня по контролю і керуванню оперативними параметрами контролерів від SCADA-

систем (АРМ технолога-оператора); обмін даними між контролерами у реальному часі без підтримки верхнього рівня.

Радіальна структура мережі, загальна схема якої наведена на рис.4.95, забезпечує підключення контролерів до пристрою верхнього рівня по окремим каналам зв'язку. Підключення контролерів здійснюється за допомогою його шлюзових каналів ШК. При цьому кожний контролер з'єднується з індивідуальним портом пристрою верхнього рівня (наприклад, РС) і може мати індивідуальний тип інтерфейсу та швидкість передачі даних. Контролери у цій мережі є пасивними (веденими) пристроями, які тільки відповідають на запити і команди верхнього рівня. Обмін даними між контролерами здійснюється тільки через верхній рівень та під його керуванням. Кількість контролерів у такій структурі обмежується тільки кількістю портів ПВР.

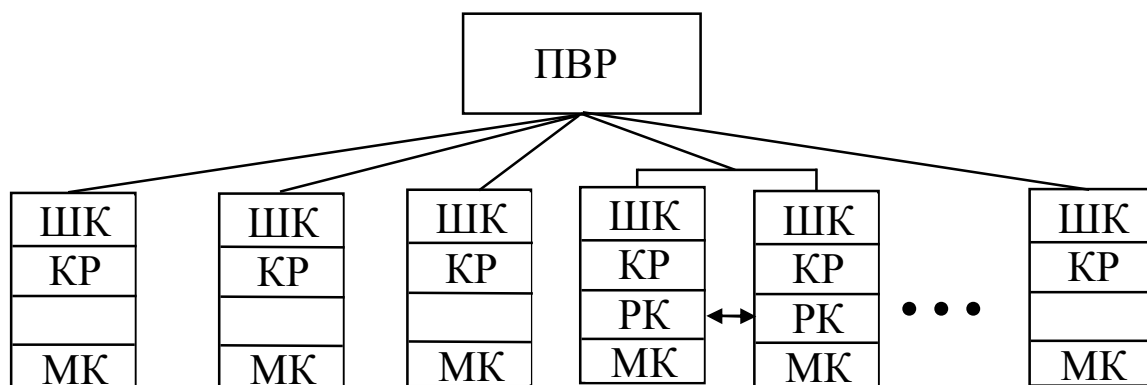


Рис.4.95. Радіальна структура мережі: ПВР – пристрій верхнього рівня; ШК – шлюз контролера (канал ШК1, ШК2 чи Ethernet); КР – контролер КР-500; РК – канал для резервування; МК – канал маркерної мережі.

Магістральна структура мережі (рис.4.96) функціонує за принципом «master-slave» і призначена для підключення КР-500 до пристроїв верхнього рівня через загальний канал зв'язку з використанням шлюзових каналів ШК, з інтерфейсом RS-485 за однакової

швидкості передачі даних усіх контролерів. При цьому усі контроле-ри мають мати різні мережні номери. Ведучим пристроєм у цій ме-режі є пристрій верхнього рівня. У порівнянні з попередньою струк-турою витрати на кабельну продукцію значно нижчі, а от живучість мережі дещо нижча.

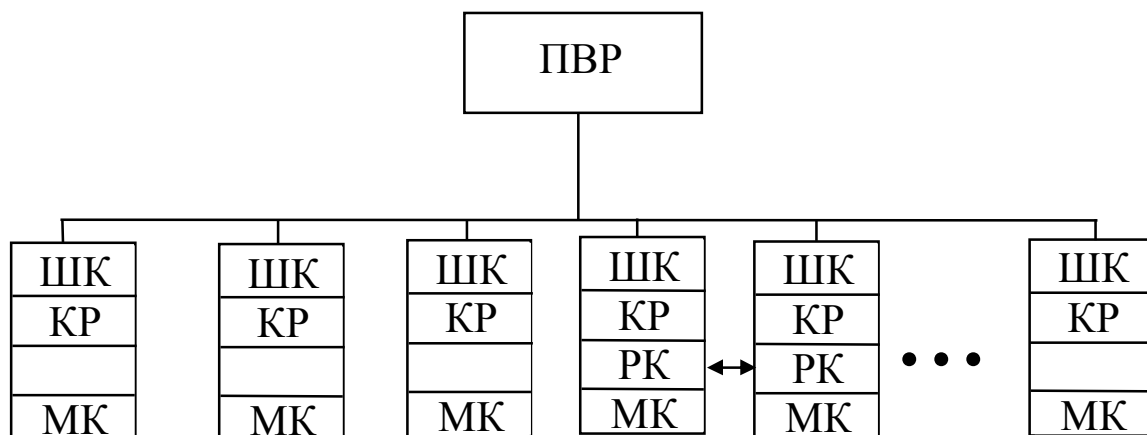


Рис.4.96. Магістральна структура мережі (позначення ідентичні, на-веденим на рис.4.95).

Радіально-магістральна структура мережі, що наведена на рис.4.97, є найбільш універсальною і продуктивною. За допомогою каналу маркерної мережі МК контролери об'єднуються між собою магістраллю, а підключення до верхнього рівня здійснюється через шлюзові канали ШК, аналогічно радіальній структурі. Усі контроле-ри повинні мати різні мережні канали і однакову швидкість каналів МК, а от канали ШК різних контролерів можуть мати індивідуальні тип інтерфейсу та швидкість передачі даних.

Маркерна мережа може бути побудована у вигляді закритого чи відкритого типу. Фізичний рівень закритого типу мережі забезпечу-ється магістральним каналом МК з інтерфейсом RS-485. При цьому контролери обмінюються інформацією поміж собою і канал ШК не використовується. Канал МК із загальною шиною та інтервально-мережним доступом до неї забезпечує режим плаваючого ведучого (master) мережі і автоматичне відновлення синхронізації мережі (призначення нового ведучого) у разі втрати маркера. Будь-яке по-

повідомлення по каналу МК приймається одночасно усіма контролерами. Завдяки режиму прямого доступу до пам'яті і процесора без програмного обслуговування прийом та передача повідомлень відбувається на високих швидкостях. Прийняте повідомлення обробляється контролером за встановленим маркером, в іншому випадку воно їм ігнорується.

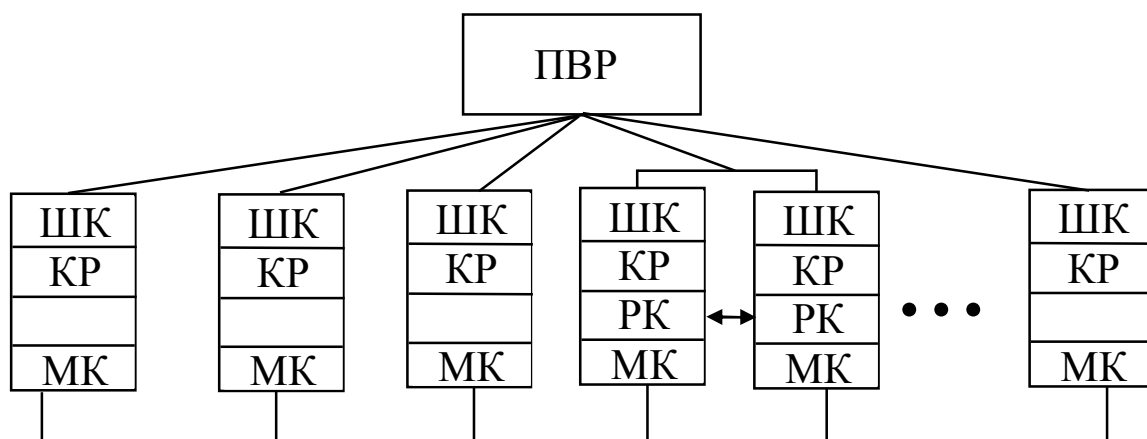


Рис.4.97. Радіально-магістральна структура мережі (позначення ідентичні, наведеним на рис.4.95).

Фізичний рівень відкритої мережі забезпечується магістральним МК і шлюзовим ШК каналами з інтерфейсом RS-232C/RS-485. У мережі відкритого типу контролери здійснюють обмін інформацією поміж собою, але до кожного з них може бути підключений по каналу ШК зовнішній абонент (наприклад, РС). При цьому зовнішньому абоненту будь-якого контролера інформаційно доступні всі інші контролери мережі. Таку побудову мережі доцільно використовувати у тих випадках, коли необхідно забезпечувати розв'язування задач, що вимагають інтенсивного обміну даними поміж контролерами без участі верхнього рівня або високої динаміки обміну даних контролерів мережі з верхнім рівнем. В останньому випадку необхідна для передачі інформація всієї мережі концентрується без участі верхнього рівня на одному чи декількох контролерах, які зв'язані з

верхнім рівнем по каналах ШК. Верхній рівень зчитує усю інформацію мережі за одне звернення до шлюзового контролера. При цьому різко знижується число потрібних запитів з верхнього рівня, підвищується інформаційна насиченість повідомлень та спрощується програмне забезпечення верхнього рівня. Основні технічні характеристики мережі МАГІСТР зведені до табл.4.28.

Для зв'язку з пристроєм верхнього рівня – комп'ютером можуть використовуватися як шлюзові канали ШК1 (RS-232C або RS-485), ШК2 так і Ethernet. Канал ШК1 з інтерфейсом RS-232C, що не має гальванічного розв'язування, використовується тільки для наладки контролера. Проте найчастіше використовується канал Ethernet. Підключення блоків БК-500 до пристроїв верхнього рівня по Ethernet наведено на рис.4.98а, з резервуванням блоків для підвищення надійності АСКТП – на рис.4.98б.

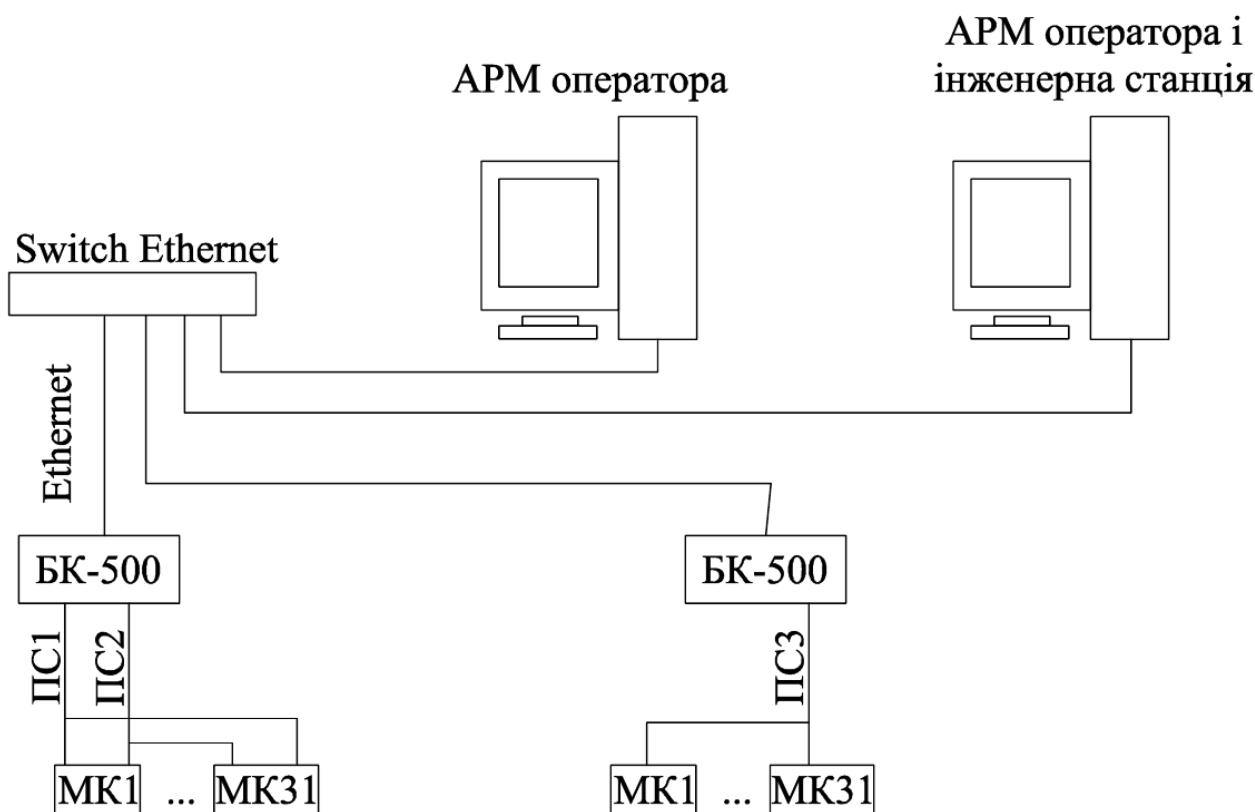


Рис.4.98а. Схема підключення блоку контролера до комп'ютера по локальній мережі Ethernet: МК1÷МК31 – мікроконтролери; М1÷М31 – модулі УСО-Д.

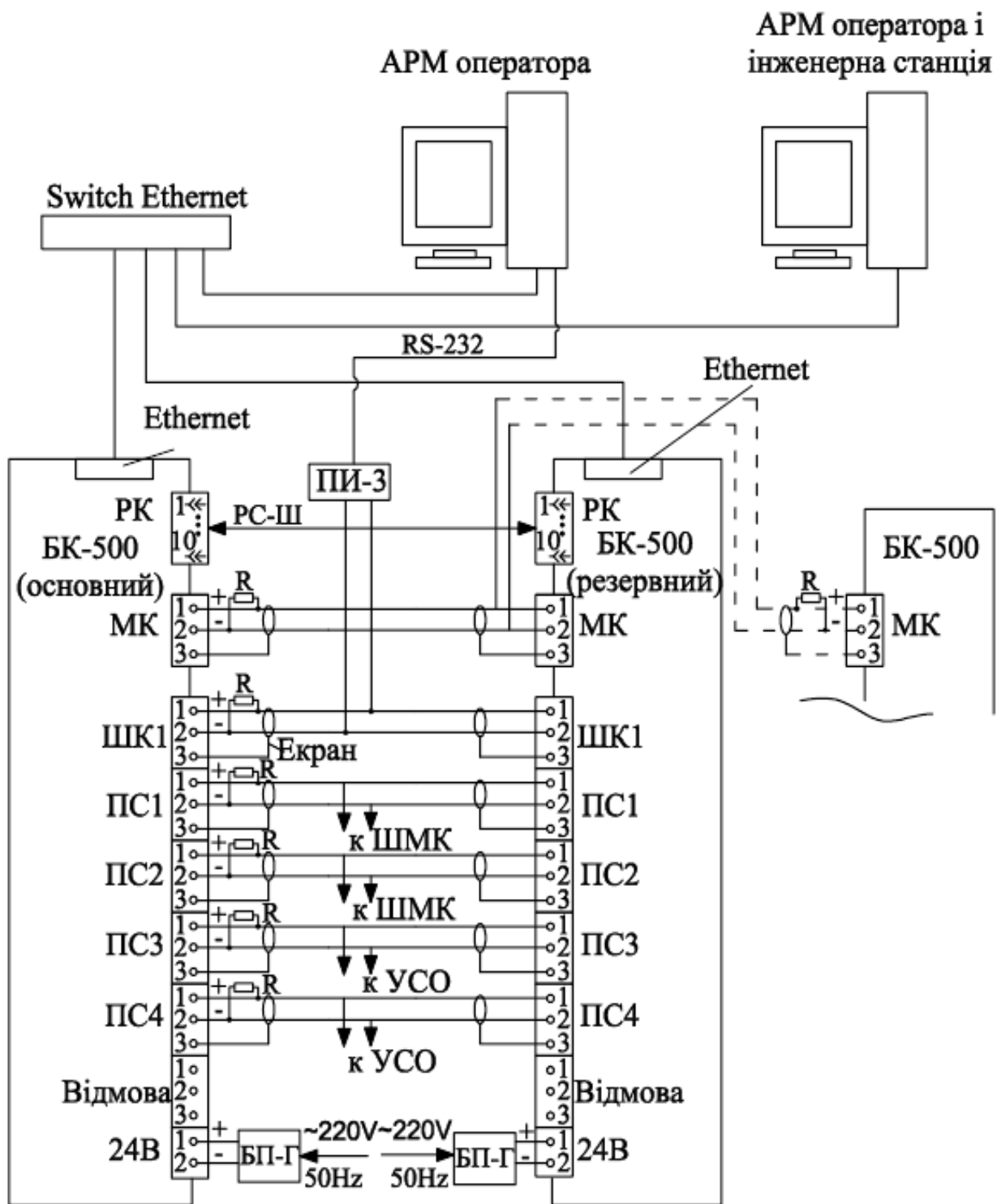


Рис.4.98б. Схема резервування блоків контролера з підключенням до пристроїв верхнього рівня АСКТП: 1 – резервована польова мережа; 2 – польова мережа; R – узгоджуючі резистори.

Таблиця.4.28. Технічні характеристики інтерфейсних каналів зв'язку мережі АСКТП

Характеристика	Інтерфейсний канал	
	МК	ШК
Вид мережі	Комбінована (маркерна)	Радіальна, магістральна, шлюз маркерної мережі
Спосіб передачі інформації	Асинхронний	
Формат байту	Старт-біт, 8 біт даних, контроль за паритетом відсутній, довжина стопової послідовності – 1 біт	
Режим обміну інформації	Напівдуплексний	
Фізичний інтерфейс	RS-485	RS-232C/ RS-485
Метод доступу	Інтервально-маркерний	«Master-slave»
Метод обслуговування	Прямий доступ до пам'яті	Запит переривання
Кількість пристроїв, що підключаються	до 31 (для RS-232C – один)	
Швидкість передачі, Кбод (встановлюється користувачем)	38,4; 57,6; 115; 250; 500	1,2; 2,4; 4,8; 9,6; 19,2; 38,4; 57,6; 115,2
Максимальна довжина лінії зв'язку	до 1,2 км	для RS-232C до 20 м; для RS-485 до 1,2 км
Тип лінії зв'язку	Вита пара	Вита пара (RS-485). трипровідний кабель (RS-232C)

Згідно схеми (рис.4.98б) обидва контролери включені у мережу МАГІСТР та підключені до верхнього рівня через канали Ethernet і

ШК1. Шлюзовий мікроконтролер ШМК та інші мікроконтролери підключені до БК-500 по резервованій польовій мережі, для якої застосовані канали ПС1 і ПС2. До каналів ПС3 і ПС4 підключені модулі УСО-Д. За такого підключення БК-500 до одного і того ж комплексу модулів УСО-Д і мікроконтролерів обмін здійснює тільки основний БК.

Резервування контролерів забезпечується не тільки каналом резервування РК, але і програмно-апаратними засобами, тобто системою умонтованої самодіагностики, що переводить контролер у стан «Відмова» з призупиненням виконання технологічної програми та відключенням контролера від мережі МАГІСТР по каналу передачі даних.

Технологічне програмування контролера здійснюється з використанням двох мов, а саме ФАБЛ (мова функціональних алгоритмічних блоків) та ПРОТЕКСТ (мова процедурного тексту). Граматична основа мови ФАБЛ, яка в значній мірі схожа із закладеною мовою у контролерах Р-130, є деревоподібна структурна (функціональна) схема, що складається з алгоблоків з розміщеними в них певними бібліотечними алгоритмами, та зв'язків поміж ними.

Алгоритмічна мова ПРОТЕКСТ є технологічною мовою високого рівня класу «Структурований текст» (ST) і орієнтована на розв'язання логічних задач та задач обробки даних по алгоритмах користувача. Мова ПРОТЕКСТ – це граматичний аналог таких процедурних мов, як С і Pascal, з обмеженими до потреб контролера можливостями та спеціалізованою бібліотекою умонтованих функцій, що орієнтовані на розв'язання задач контролю і керування технологічними процесами.

Технологічна програма може бути написана на будь-якій з мов або на обох одразу. У мовах передбачені функції і оператори для обміну змінними між мовами. Програма з різними мовами виконується послідовно з початку частина програми, що написана на мові ФАБЛ, а потім – на мові ПРОТЕКСТ.

Бібліотека алгоритмів мови ФАБЛ налічує понад 240 одиниць. Структура алгоритму ідентична алгоритмам контролера Р-130, однак є відмінності. Всі входи та виходи алгоритмів мають наскрізну нумерацію від 01 до 127, а сам алгоритм містить чотири реквізити: бібліотечний номер (код), модифікатор типу (МТ – код підалгоритму), модифікатор розміру (МР) та масштаб часу (МВ). Бібліотечний номер являє собою тризначне десяткове число і є основним параметром, що характеризує властивості алгоритму, або групи алгоритмів. Модифікатор типу конкретизує функцію, що виконується алгоритмом, або спосіб її виконання. Так алгоритм ДЛО (двовходова логічна операція) з номером 70 має код підалгоритму 01 і 05, що указує на виконання логічної операції, наприклад AND (І), OR (АБО). Модифікатор розміру задає додаткові властивості щодо кількісних характеристик алгоритму. Масштаб часу притаманний алгоритмам, робота яких пов'язана з реальним часом. При цьому максимальна кількість алгоблоків для розміщення алгоритмів може досягати 999 одиниць. В процесі конфігурування для кожного входу алгоблоку визначається, має він бути зв'язаним з виходом алгоблоку, константою, коефіцієнтом або зв'язаним із змінною програми ПРОТЕКСТ, а також номер алгоблоку і номер виходу, значення константи, коефіцієнту або тип і номер змінної програми ПРОТЕКСТ. Всі інші правила конфігурування ідентичні контролеру Р-130.

Бібліотеку утворюють такі групи алгоритмів: оперативного контролю, обміну по мережним каналам, системного контролю, обміну по мережним каналам, системного контролю, регулювання, динамічних і статичних перетворень, аналогово-дискретних перетворень, логічних операцій, дискретного керування, перетворення типів даних, реєстрації та архівації, перетворення типів даних, обліку, захисту, розрахунку коефіцієнтів корисної дії (ККД) котлоагрегатів, підвищення достовірності сигналів, вводу-виводу інформації з УСО та роботи з пристроями польової мережі. У зв'язку з великою кількістю цих алгоритмів нижче розглянуті лише ті, що найчастіше застосовуються при побудові звичайних АСР. Характерна особливість,

що коди алгоритмів бібліотеки ФАБЛ з однаковими функціями в окремих випадках ідентичні кодам алгоритмів контролера Р-130.

Алгоритм ОКР (01) – оперативний контроль регулювання – використовується для керування контурами регулювання як за допомогою пульта контролера ПК-302, так і шляхом подачі команд керування контурами регулювання по інтерфейсу з верхнього рівня (програма візуалізація даних). Кожний контур (від 1 до 32) обслуговується своїм алгоритмом ОКР. Як правило, алгоритм ОКР застосовується в поєднанні з алгоритмами ЗДН(24), ЗДЛ(25), РАН(20), РИМ(21)-ФІВ(22), РПИ(23), РУЧ(26) та дозволяє за допомогою клавіш пульта ПК-302 чи команд з верхнього рівня змінювати режим керування, режим завдання, керувати програмним задавачем, змінювати вихідний сигнал регулятора у режимі ручного керування, змінювати сигнал завдання у режимі ручного задатчика, а також контролювати сигнали завдання, розбіжності, вхідний і вихідний сигнали та параметри програми при програмному регулюванні. Алгоритм може розміщуватись у будь-якому алгоблоці, а номер контуру, що обслуговується даним алгоритмом, визначається його модифікатором типу МТ 1÷32. Модифікатор розміру МР від 0 до 15 задає вид і специфічні параметри регулятора та обирається з таблиці 4.29.

Перелік входів алгоритму ОКР наведений у табл.4.30, а функціональна схема його – на рис.4.99.

Входи алгоритму 09-13 використовуються тільки в каскадній схемі регулятора ($MP > 7$). Призначення і позначення входів аналогічно розглянутому алгоритму ОКО контролера Р-130. При цьому вхід $X_{КАЛ}$ встановлює тип сигналів контуру і приймає значення або «0» (сигнали контуру представлені у відсотках) або «1» (сигнали відповідають технічним одиницям). Таким чином, алгоритм визначає, які сигнали будуть виведені на індикатор пульта та у якій шкалі (відсотки або технічні одиниці) ці сигнали ($X_{ЗАД}$, $X_{ВХ}$, X_e) будуть відображатися на пульті або передаватися по інтерфейсу на верхній рівень.

	Код 001	MT = 01-32	MP = 00-15	MB - відсутнє
Хздн	01	Управління завданням і індикація завдання, входу і розугодження стандартного або ведучого регулятора в каскадному режимі		
Хвх	02			
W0	03			
W100	04			
Хе	05			
Хруч	06	Ручне керування і індикація вихода. Індикація помилки контуру.		
Хвр	07			
Нош	08			
Хздл	09	Управління завданням і індикація завдання, входу і розугодження стандартного або веденого регулятора в локальному режимі Тільки при MP > 7		
Хвх.л	10			
W0.л	11			
W100.л	12			
Хе.л	13			
Хкал	14			

Рис.4.99. Функціональна схема алгоритму ОКР.

Таблиця 4.29. Перелік модифікацій розміру алгоритму ОКР

Вид регулятора	Режим зовнішнього завдання	Режим дистанційного керування	Модифікатор розміру
Звичайний аналоговий	-	-	00
	-	+	01
	+	-	02
	+	+	03
Звичайний імпульсний	-	-	04
	-	+	05
	+	-	06
	+	+	07
Каскадний аналоговий	-	-	08
	-	+	09

Закінчення табл.4.29

	+	-	10
	+	+	11
Каскадний імпульсний	-	-	12
	-	+	13
	+	-	14
	+	+	15

Таблиця 4.30. Призначення входів алгоритму ОКР

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
1	$X_{зДН}$	Вхід	Сигнал завдання
2	$X_{ВХ}$	“–“	Вхідний сигнал (параметр, що регулюється)
3	W_0	“–“	0% в технічних одиницях (завдання, вхід, розузгодження)
4	W_{100}	“–“	100% в технічних одиницях (завдання, вхід, розузгодження)
5	X_0	“–“	Сигнал розузгодження
6	$X_{руч}$	“–“	Сигнал ручного керування
7	$X_{ВР}$	“–“	Вихідний сигнал регулятора
8	$N_{ОК}$	“–“	Помилка контуру
9	$X_{зДЛ}$	“–“	Сигнал завдання ведомого регулятора в локальному режимі
10	$X_{ВХ,Л}$	“–“	Вхідний сигнал (параметр, що регулюється) ведомого регулятора в локальному режимі
11	$W_{0,Л}$	“–“	0% в технічних одиницях (завдання, вхід, розузгодження)
12	$W_{100,Л}$	“–“	100% в технічних одиницях (завдання, вхід, розузгодження)

Закінчення табл.4.30

13	$X_{\varepsilon,Л}$	“_“	Сигнал розузгодження веденого регулятора в локальному режимі
14	$X_{КАЛ}$	“_“	Тип сигналів контура (0 – у відсотках, 1 – в технічних одиницях)

Алгоритм ВИН(005) – увід інтерфейсний мережний – застосовується для прийому сигналів контролером, що надходять у реальному часі на вхід його мережного інтерфейсного каналу. Один алгоритм організує зв'язок з одним абонентом-джерелом мережі МАГІСТР, від якого можливо приймати дані по декільком (до 30) каналам. Якщо необхідний зв'язок з декількома абонентами-джерелами, в контролері використовується декілька алгоритмів ВИН. Він застосовується також для виконання діагностики обміну по мережі та альтернативних дій при «мовчанні» контролерів. Призначення та позначення входів-виходів алгоритму ВИН наведено у табл. 4.31.

Номер абонента-джерела, що дорівнює його мережному номеру, задається на вході N_k під час настроювання алгоритму. Кожний абонент-джерело може передавати декілька сигналів, а алгоритм ВИН виділяє із загального пакету цих сигналів потрібні за номером сигнали і розміщує їх на своїх виходах $Y.1 \div Y.m$. Від одного абонента-джерела сигнали можуть прийматися по m каналам (до 30), що задається модифікатором МР. Кожний канал приймає 4 байта даних, які мають являти собою одне значення будь-якого типу. На відміну від алгоритму Р-130 цей алгоритм має вхід $T_{ОШ}$, що задає час «мовчання» абонента з номером $N_{ИСТ}$. Якщо за час $T_{ОШ}$ не відбулось жодного прийому від абонента з номером $N_{ИСТ}$, то виробляється дискретний сигнал $D_{ОШ}$ і сигнали на виходах $Y.1 \div Y.m$ заморожуються. Якщо необхідно зв'язатися з іншим абонентом-джерелом, треба задіяти інший алгоритм ВИН, у якого під час настроювання встановлюється потрібне значення N_k . Функціональна схема алгоритму ВИН

ідентична контролеру Р-130 і відрізняється лише сигналами $T_{\text{ОШ}}$ і $D_{\text{ОШ}}$.

Таблиця 4.31. Призначення входів-виходів алгоритму ВИН

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
01	$T_{\text{ОШ}}$	Вхід	Допустимий час «мовчання» контролера з номером $N.k$
02	$N.k$	“–“	Номер контролера
03	$N.1$	“–“	Номер сигналу, що поступає на вихід $Y.1$ алгоритму
04	$N.2$	“–“	Номер сигналу, що поступає на вихід $Y.2$ алгоритму
....
$m+2$	$N.m$	“–“	Номер сигналу, що поступає на вихід $Y.m$ алгоритму

01	$D_{\text{ОШ}}$	Вихід	Сигнал «мовчання» контролера з номером $N.k$
02	$Y.1$	“–“	Сигнал з номером $N.1$
03	$Y.2$	“–“	Сигнал з номером $N.2$
....
$m+1$	$Y.m$	“–“	Сигнал з номером $N.m$

Алгоритм ИНВ (006) – інтерфейсний вивід мережний – застосовується у тих випадках, коли контролер повинен подавати сигнали у реальному часі через його мережний канал. Алгоритм дозволяє передавати дані по 30-ти каналам ($MP=30$). Кожен канал передає 4 байти даних, які можуть передавати одне значення будь-якого типу. Алгоритм формує нові значення у кожному циклі роботи контролера. Функціональна схема алгоритму ИНВ та його конфігурація ідентичні контролеру Р-130. Весь пакет отримує номер джерела, що до-

рівнює мережному номеру контролера і встановлюється в процесі його програмування. При цьому, в одному контролері може бути задіяні лише один алгоритм ИНВ ($MT=1$).

Алгоритм ИНР (007) – інтерфейсний вивід радіальний – призначений для формування у реальному часі значень сигналів та видачі їх по командам абонента (РС) у радіальний канал PLC. Функціональна схема ИНР подібна алгоритму ИНВ, за виключенням значень модифікаторів МР і МТ, тобто $MP=0\div 126$, а $MT=1\div 32$. Принцип роботи ИНР такий самий, як і ИНВ, але існують деякі особливості. Так, формуємі ИНР значення сигналів необхідно запрошувати спеціальною командою, що надсилається з верхнього рівня, тобто ИНР формує значення в такті роботи PLC, а передає їх на верхній рівень в такті роботи РС верхнього рівня. Номер ИНР задається модифікатором $MT=1\div 32$, що дозволяє передавати з одного PLC на верхній рівень до 4032 4-х байтових значень. Крім того, буфер цього алгоритму можна вчитувати по мережі МАГІСТР, але при цьому передаються тільки перші 30 входів.

Алгоритм ВИП (008) – увід інтерфейсний польовий – застосовується для уводу даних з пристроїв польової мережі PLC. Один алгоритм ВИП організує зв'язок з одним пристроєм однієї з польових мереж, від якого можна приймати дані по декільком (до 30) каналам. Якщо необхідний зв'язок з декількома пристроями, то в PLC використовується декілька алгоритмів ВИП. Алгоритм має модифікатор розміру $MP=00\div 30$, а МТ і МВ – відсутні. Позначення та призначення входів-виходів алгоритму наведені у табл.4.32.

Один алгоритм ВИП застосовується для прийому сигналів, що надходять від одного пристрою однієї з польових мереж. Номер польової мережі абонента-джерела задається на виході N_{PC} , а його мережний номер – на виході $N_{устр}$ під час настроювання алгоритму. Кожний пристрій може передавати декілька сигналів. При цьому алгоритм ВИП бере із буферу обміну з польової мережі сигнали і розміщує їх на своїх виходах $N.1\div N.m$. Від одного пристрою сигнала-

ли можуть прийматися по m -каналам, що задається модифікатором MP . Кожний канал приймає 1,2 або 4 байта даних у залежності від формату даних повідомлення, які можуть являти собою значення будь-якого типу, до того ж і впаковані. Формат представлення даних повністю залежить від типу польового пристрою.

Таблиця 4.32. Призначення входів-виходів алгоритму ВИП

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
1	$N_{ПС}$	Вхід	Номер польової мережі
2	$N_{устр}$	“_”	Мережний номер пристрою
1	$D_{ОШ}$	Вихід	Прапор похибки обміну
2	$N_{ОШ}$	“_”	Номер похибки обміну
3	$H.1$	“_”	Сигнал №1
4	$H.2$	“_”	Сигнал №2
....
$m+2$	$H.m$		Сигнал № m

Сигнали на виходах $H.i$ можуть оброблятися іншими алгоритмами, які пов’язані по конфігурації з алгоритмом ВИП. У випадку прийому впакованих значень обов’язково здійснюється попередньо їх дешифрація за допомогою відповідних алгоритмів (ДШЦ, ДДП). На виходах алгоритму формується окрім даних, стан обміну: прапор помилки обміну і номер помилки обміну. У разі необхідності зв’язатися з іншим пристроєм необхідно задати в процесі конфігурування ще один алгоритм ВИП, у якого від час настроювання має бути встановлені значення $N_{ПС}$ і $N_{устр}$.

Алгоритм ИВП (009) – інтерфейсний вивід польовий – застосовується для виводу даних у пристрій польової мережі контролера. Один алгоритм ИВП організує зв’язок з одним пристроєм однієї з польових мереж, у які можливо передавати дані по декільком (до 30) каналам. Якщо необхідний зв’язок з декількома пристро-

ями, то у PLC використовується декілька алгоритмів ІВП. Алгоритм має модифікатор розміру $MP=00\div30$, а модифікатор MT і масштаб часу відсутні. Позначення та призначення входів-виходів алгоритму ІВП наведені у табл.4.33.

Таблиця 4.33. Призначення входів-виходів алгоритму ІВП

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
1	$N_{ПС}$	Вхід	Номер польової мережі
2	$N_{устр}$	“_”	Мережний номер пристрою
3	$H.1$	“_”	Сигнал №1
4	$H.2$	“_”	Сигнал №2
....
$m+2$	$H.m$		Сигнал № m

Один алгоритм ІВП застосовується для передачі сигналів з контролера в один пристрій польової мережі. Номер польової мережі пристрою задається на виході $N_{ПС}$, а його мережний номер – на вході $N_{устр}$ під час налаштування алгоритму. Кожному пристрою польової мережі можна передавати декілька сигналів. Алгоритм ІВП записує сигнали у буфер обміну з польовою мережею послідовно, як задано на входах алгоритму. Кількість сигналів задається модифікатором MP . Кожний канал передає 1,2 або 4 байта даних у залежності від формату даних повідомлення, які можуть становити собою значення будь-якого типу, у тому числі і впаковані. Формат представлення даних повністю залежить від типу польового пристрою.

Сигнали на виходах $H.i$ можуть оброблятися іншими алгоритмами, що пов'язані за конфігурацією з алгоритмом ВІП. У випадку прийому впакованих значень обов'язкова попередня їх дешифрація за допомогою відповідних алгоритмів. На виходах ІВП формується також стан обміну: прапор помилки обміну та номер помилки обмі-

ну. Для зв'язку з іншим польовим пристроєм необхідно задати інший алгоритм ИВП, у якого при настроюванні встановлюють потрібні значення $N_{ПС}$ і $N_{УСТР}$.

Алгоритм ИНС (010) – ініціативне повідомлення – застосовується у випадку, коли контролер повинен передавати на верхній рівень ініціативні повідомлення за якою-небудь подією з визначеним періодом. При цьому існує можливість передачі повідомлення як по радіальному каналу, так і по мережі МАГІСТР. У якості інформаційної частини можливо передавати будь-які виходи алгоблоків та будь-які змінні ПРОТЕКСТ, що задає користувач. Модифікатор МР=00÷30, а модифікатор МТ та масштаб часу відсутні.

Позначення та призначення входів-виходів алгоритму ИНС наведені у табл.4.34, а функціональна схема на рис.4.100.

Алгоритм ИНС по входу Сраб = 1 вмикається у роботу, а якщо Сраб = 0 – вихід алгоритму вимикається. За умови Спер = 1 починається передача у канал зв'язку. У разі необхідності повтору повідомлення декілька разів через визначений період, то слід використовувати вхід Тпер, який задає період передачі повідомлень у секундах. Якщо Тпер менше циклу PLC, то повідомлення буде передаватися у кожному циклі.

Таблиця 4.34. Призначення входів-виходів алгоритму ИНС

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
01	$C_{РАБ}$	Вхід	Дозвіл роботи алгоритму
02	$C_{ПЕР}$	“–“	Признак передачі повідомлення
03	$T_{ПЕР}$	“–“	Період передачі повідомлення
04	$N_{УСТР}$	“–“	Номер пристрою для передачі
05	Н.1		Сигнал №1
....
m+4	Н.m		Сигнал № m
01	$D_{ПЕР}$	Вихід	Ознака передачі повідомлення

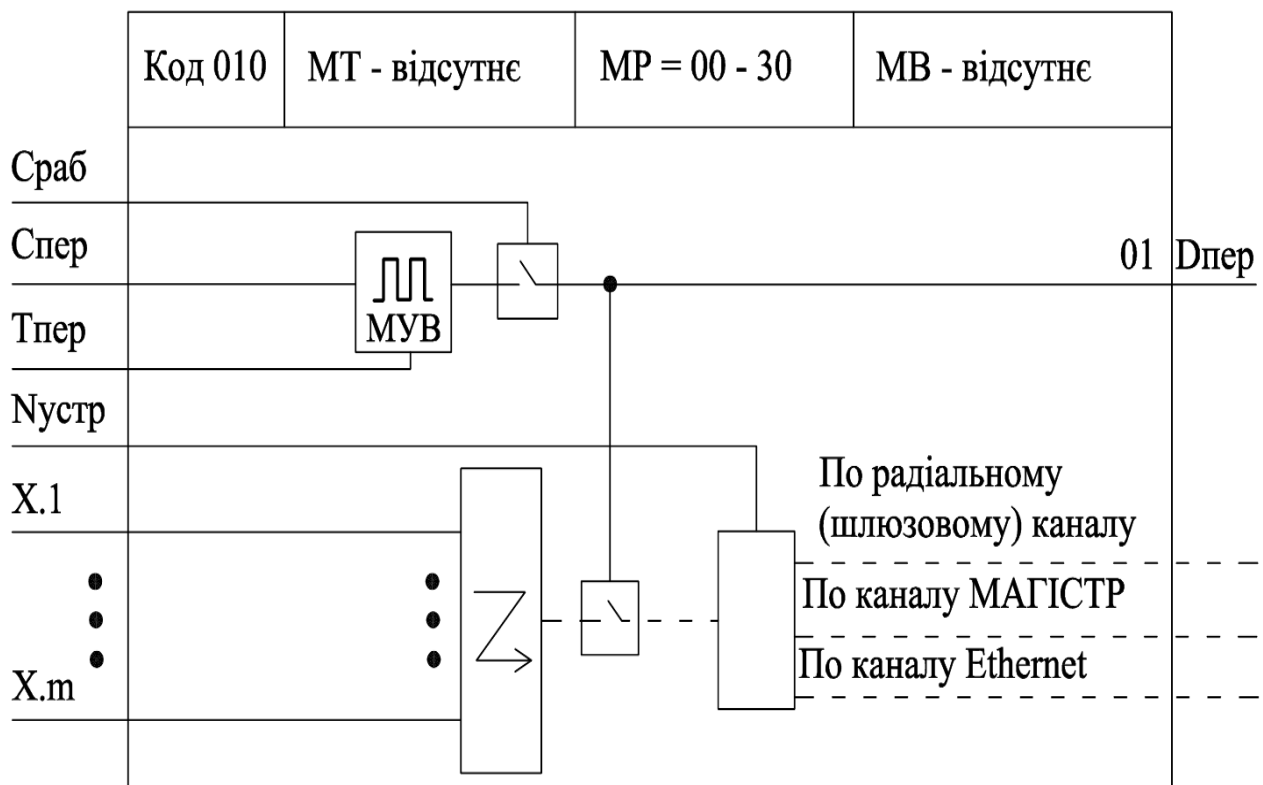


Рис.4.100. Функціональна схема алгоритму ИНС.

Вхід $N_{устр}$ вказує через який контролер буде передаватись повідомлення і якщо $N_{устр}=0$ або дорівнює мережному номеру даного контролера, то передача повідомлення буде відбуватися по шлюзовому (радіальному каналу). У протилежному випадку передача повідомлення на верхній рівень буде здійснюватися у мережу МАГІСТР та через шлюзовий канал відповідного контролера. На вході H_i можливе підключення будь-яких виходів алгоблоків та змінних ПРОТЕКСТ. Алгоритм має один вихід $D_{ПЕР}$, що визначає ознаку передачі повідомлення у каналі та якщо $D_{ПЕР}=1$, то у даному циклі повідомлення надсилається у шлюзовий канал.

Алгоритм ВДМ (011) – ведений польової мережі – застосовується у тих випадках, коли контролер підключений через канали ШК1 чи ШК2 до польової мережі як ведений пристрій. При цьому у технологічній програмі може бути використаним лише один алгоритм ВДМ. Входи-виходи алгоритму ВДМ наведені у табл.4.35.

Таблиця 4.35. Призначення входів-виходів алгоритму ВДМ

Но- мер	Позна- чення	Вхід - Вихід	Призначення
01	$T_{\text{ОШ}}$	Вхід	Припустимий час «мовчання»
02	X.1	“–“	Сигнал №1 для передачі на верхній рівень
03	X.2	“–“	Сигнал №2 для передачі на верхній рівень
....
m+1	X.m		Сигнал № m для передачі на верхній рівень
01	$D_{\text{ОШ}}$	Вихід	Сигнал «мовчання» з верхнього рівня
02	Y.1	“–“	Сигнал №1 прийнятий з верхнього рівня
03	Y.2	“–“	Сигнал №2 прийнятий з верхнього рівня
....
m+1	Y.m	“–“	Сигнал № m прийнятий з верхнього рівня

Алгоритм дозволяє підключати на верхній рівень та приймати з нього до 30-ти 4-х байтових значень, наприклад 30 аналогових значень, які можуть являти собою одне значень будь-якого типу. Кількість сигналів задається модифікатором МР. Прийняті на виходах сигнали Y.i далі можуть оброблятися іншими алгоритмами, що пов'язані конфігурацією з алгоритмом ВДМ. У разі прийому впакованих значень обов'язкова їх попередня дешифрація за допомогою відповідних алгоритмів. Вхід $T_{\text{ОШ}}$ задає час «мовчання» верхнього рівня. Якщо за час $T_{\text{ОШ}}$ не було жодного прийому з верхнього рівня, то відпрацьовується дискретний сигнал $D_{\text{ОШ}}$, а сигнали на виходах Y.i заморожуються.

Алгоритм MBS (014) – ModBus обмін – застосовується для забезпечення обміну з пристроями польової мережі контролера, працюючого за протокол ModBus RTU. Алгоритм призначений для спільного використання з алгоритмами ЧМД(015) та ЗМД(016), має модифікатори МР=00÷10, МТ=1÷2, а масштаб часу відсутній. Позна-

чення та призначення входів-виходів алгоритму MBS наведені у табл.4.36.

Таблиця 4.36. Призначення входів-виходів алгоритму MBS

Номер	По-значен	Вхід - Вихід	Призначення
01	$M_{\text{ПС}}$	Вхід	Код команди для читання
02	$N_{\text{УСТР}}$	“_”	Адреса пристрою
03	T	“_”	Період опитування пристрою
04	D.1	“_”	Команда №1
05	Dп.1	“_”	Дозвіл на передачу команди №1
....
$2*m+2$	D.m	“_”	Команда №m
$2*m+3$	Dп.m	“_”	Дозвіл на передачу команди №m
01	$D_{\text{ОШ}}$	Вихід	Прапор помилки обміну
02	$N_{\text{ОШ}}$	“_”	Номер помилки обміну
03	$N_{\text{КОМ}}$	“_”	Номер команди, що передається

Один алгоритм MBS застосовується для обміну з одним пристроєм польової мережі ModBus RTU за однією або декількома командами. На вході $N_{\text{ПС}}$ задається номер польової мережі PLC, а на вході $N_{\text{УСТР}}$ – номер пристрою польової мережі PLC. На вході T задається період опитування одного і того ж пристрою у мілісекундах. Якщо $T=0$, то це означає, що при отриманні відповіді одразу формується наступна команда, а якщо $T=100$, то наступна команда формується через 100 мс. У резервованому контролері час T необхідно задавати у 2 рази більше часу циклу контролера, що забезпечує синхронізацію роботи контролерів. Кількість команд задається модифікатором MP. Для забезпечення обміну входи D.i алгоритму необхідно зв'язати з першим виходом алгоблоку ЧМД або ЗМД. На входах Dп.i встановлюється ознака передачі команди. Якщо Dп.i=0, то i-та

команда не надсилається. Робота алгоритму NBS відбувається наступним чином: визначається номер алгоблоку та тип алгоритму, що пов'язаний із входом $D.i$; надсилається команда читання чи запису у відповідності з типом алгоритму ЧМД або ЗМД; у разі отримання відповіді записує дані у алгоблок з алгоритмом ЧМД або ЗМД; очікується спливання часу, що заданий на вході T_i ; обирається наступний вхід $D.i$ на якому $D_{п.i}=1$, та відбувається перехід до кроку 1.

На виході $D_{ош}$ формується ознака помилки роботи алгоритму, а на виходах $N_{ош}$ та $N_{ком}$ формують відповідно код помилки роботи алгоритму (від 0 до 10), розшифровка якого наведена в інструкції, та номер поточної команди, що обробляється.

Алгоритм ЧМД (015) – ModBus читання – застосовується для вводу даних з пристроїв польової мережі PLC, працюючого за протоколом ModBus RTU. Використовується спільно з алгоритмом MBS. Алгоритм ЧМД формує одну команду читання пристрою ModBus для посилки у польову мережу і дозволяє зчитувати до 60-ти 4-х байтових даних (120 регістрів) з пристрою ModBus завдяки модифікатору $MP = 00 \div 60$. При цьому модифікатор MT та масштаб часу відсутні. Призначення та позначення входів-виходів алгоритму ЧМД наведені у табл.4.37.

Один алгоритм ЧМД застосовується для формування команди читання та індикації даних, що надходять від одного пристрою однієї з польових мереж. Номер польової мережі і мережний номер пристрою задається в алгоритмі MBS.

Алгоритм ЧМД має три входи для формування команди читання. На вході $N_{ком}$ задається код команди для читання з пристрою ModBus, у якості якого як правило використовують код команди 3. На вході $N_{адр}$ зазначається адреса для читання. На вході $N_{рег}$ зазначається кількість регістрів для читання. При цьому, якщо значення $N_{рег}$ більше ніж модифікатор MP помножений на два (на одному 4-х байтовому виході алгоритму розміщуються два 2-х байтові регістри), то кількість регістрів обмежується величиною $N_{рег} = 2 \times MP$.

Таблиця 4.37. Призначення входів-виходів алгоритму ЧМД

Номер	Позначення	Вхід - Вихід	Призначення
01	$N_{\text{КОМ}}$	Вхід	Код команди для читання
02	$N_{\text{АДР}}$	“_”	Адреса пристрою
03	$N_{\text{РЕГ}}$	“_”	Кількість регістрів для читання
01	$D_{\text{ОШ}}$	Вихід	Прапор помилки обміну
02	$N_{\text{ОШ}}$	“_”	Номер помилки обміну
03	H.1	“_”	Сигнал № 1
04	H.2	“_”	Сигнал № 2
....
m+2	H.m	“_”	Сигнал № m

Для індикації результату обміну з пристроєм призначені два виходи. На виході $D_{\text{ОШ}}$ формується ознака помилки роботи алгоритму, а на виході $N_{\text{ОШ}}$ – код помилки роботи алгоритму ідентично алгоритму MBS. Для надання даних з пристрою у технологічну програму використовуються 4-х байтові виходи H.i. Сигнали на виходах H.i можуть оброблятися іншими алгоритмами, що пов’язані по конфігурації з алгоритмом ЧМД. У разі прийому впакованих значень обов’язкова попередня їх дешифрація за допомогою відповідних алгоритмів

Алгоритм ЗМД (016) – ModBus запис – застосовується для уводу даних з пристроїв польової мережі PLC, працюючого за протоколом ModBus RTU. Використовується спільно з алгоритмом MBS. Алгоритм ЗМД формує одну команду запису у пристрій ModBus для посилки у польову мережу та дозволяє виконати запис до 60-ти 4-х байтових даних (120 регістрів) у пристрої ModBus завдяки модифікатору MP = 00÷60. При цьому модифікатор MT та масштаб часу

відсутні. Призначення та позначення входів-виходів алгоритму ЗМД наведені у табл.4.38.

Таблиця 4.38. Призначення входів-виходів алгоритму ЗМД

Номер	Позначення	Вхід - Вихід	Призначення
01	$N_{КОМ}$	Вхід	Код команди для читання
02	$N_{АДР}$	“_”	Адреса пристрою
03	$N_{РЕГ}$	“_”	Кількість регістрів для читання
04	Н.1		Сигнал № 1
05	Н.2		Сигнал № 2
....
m+3	Н.m		Сигнал № m
01	$D_{ОШ}$	Вихід	Прапор помилки обміну
02	$N_{ОШ}$	“_”	Номер помилки обміну

Один алгоритм ЗМД застосовується для формування команди запису в один пристрій однієї з польових мереж. Номер польової мережі і мережний номер пристрою задається в алгоритмі МБС.

Алгоритм має три входи для формування команди читання. На вході $N_{КОМ}$ задається код команди, для якого як правило використовується код команди 16, Призначення інших входів-виходів та їх характеристики ідентичні алгоритму ЧМД.

Алгоритм ВАМ (200) – ввід з аналогових модулів УСО – застосовується для обміну даними з модулем УСО аналогового вводу (модулі МАУ-Д, МВА-Д, МТС-Д, МРС-Д). Він може бути використаний для зв'язку як з одинарним модулем (4 канали вводу), так і з подвійним 98 каналів вводу). При роботі з 4-х канальним модулем модифікатор МР=1, а при зв'язку з 8-ми канальним модулем МР=2. Модифікатор типу та масштаб часу відсутні. Призначення та позначення

входів-виходів алгоритму ВАР наведені у табл.4.39, а функціональна схема на рис.4.101.

Таблиця 4.39. Призначення входів-виходів алгоритму ВАР

Номер	Позначення	Вхід - Вихід	Призначення
01	$N_{\text{ПС}}$	Вхід	Номер польової мережі
02	$N_{\text{ШМК}}$	“_”	Номер ШМК мережний (за безпосереднього підключення до PLC $N_{\text{ШМК}}=1$)
03	$N_{\text{УСТР}}$	“_”	Номер модуля мережний
04	$T_{\text{ОПР}}$	“_”	Період опитування в мс
05	$t_{\text{ВНШ}}$	“_”	Зовнішня температура холодних спаїв
01	$D_{\text{ОШ}}$	Вихід	Ознака помилки зв'язку з модулем
02	$N_{\text{ОШ}}$	“_”	Код помилки зв'язку з модулем
03	$D_{\text{ОБР}}$	“_”	Ознака обриву лінії зв'язку з датчиком на одному з каналів
04	$N_{\text{ОБР}}$	“_”	Номер каналу вводу, з обривом лінії зв'язку з датчиком
05	Y1.1	“_”	Значення сигналу на вході № 1
06	$D_{\text{ОБР}}1.1$	“_”	Ознака обриву на вході № 1
....
11	Y4.1	“_”	Значення сигналу на вході № 4
12	$D_{\text{ОБР}}4.1$	“_”	Ознака обриву на вході № 4
13	Y1.2	“_”	Значення сигналу на вході № 5
14	$D_{\text{ОБР}}1.2$	“_”	Ознака обриву на вході № 5
....
19	Y4.2	“_”	Значення сигналу на вході № 8
20	$D_{\text{ОБР}}4.2$	“_”	Ознака обриву на вході № 8

Окрім входів адресації модуля по польовій мережі алгоритм має настроюваний вхід $T_{\text{ОПР}}$, що призначений для завдання періоду опитування модуля. Період опитування автоматично коригується усередині алгоритму кратно часу циклу PLC. У випадку використання алгоритму для обміну з модулями, де є сигнали з датчиків температури типу термопари необхідно використовувати вхід $t_{\text{ВНШ}}$. При цьому вказується ця зовнішня температура холодних спаїв. Виходи $Y_{i,m}$ призначені для індикації значення вхідного сигналу.

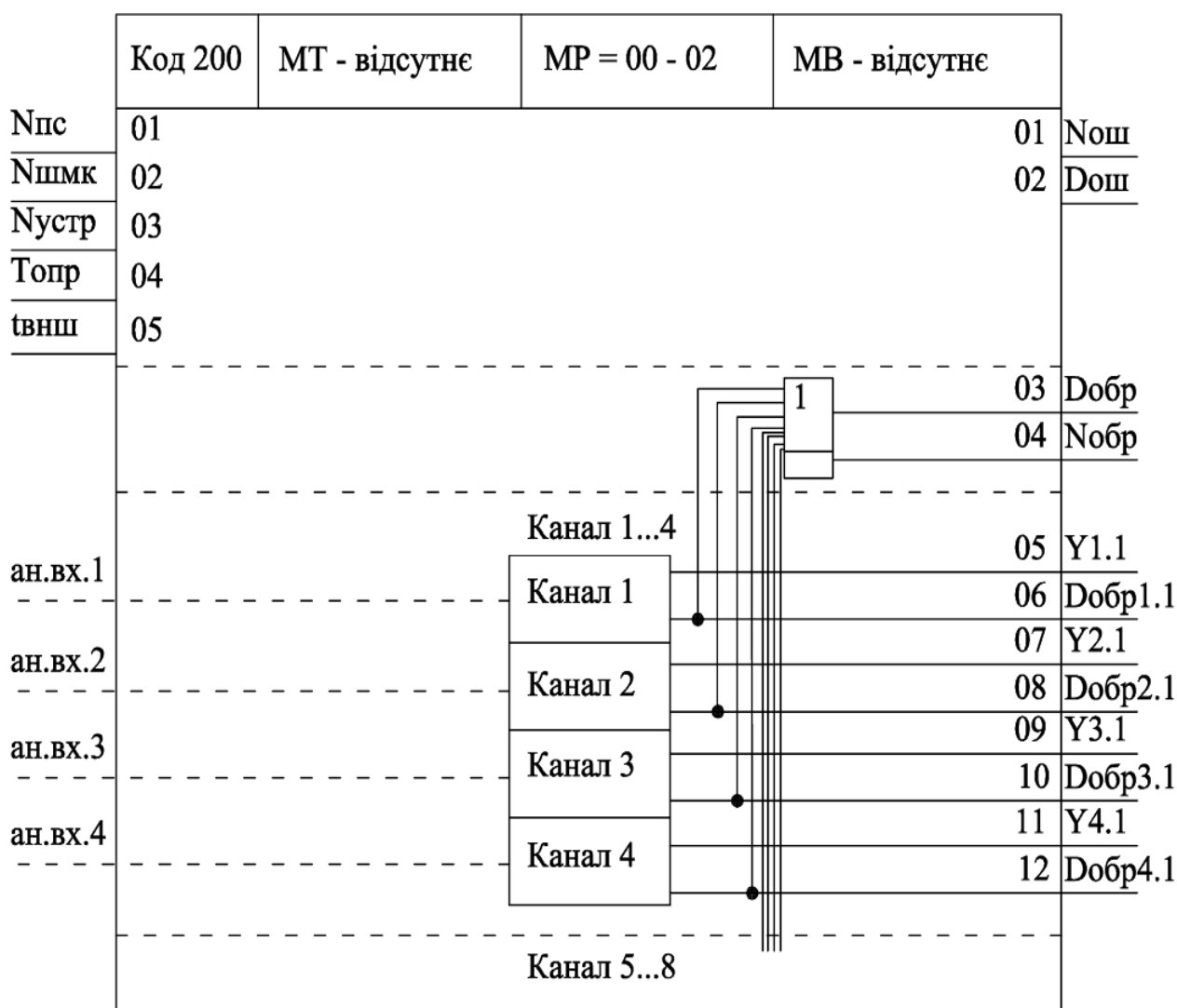


Рис.4.101. Функціональна схема алгоритму ВАМ.

Алгоритм МАВ (201) – модуль аналогового виводу – застосовується для обміну даними з модулями УСО МАВ-Д і може забезпе-

чувати зв'язок з модулем, що має 4-и аналогових виходи (MP=1). У разі зв'язку з подвійним модулем УСО MP=2. Модифікатор типу і масштаб часу відсутні. Призначення та позначення входів-виходів алгоритму МАВ наведені у табл.4.40, а функціональна схема – на рис.4.102.

Таблиця 4.40. Призначення входів-виходів алгоритму МАВ

Номер	Позначення	Вхід - Вихід	Призначення
01	$N_{ПС}$	Вхід	Номер польової мережі
02	$N_{ШМК}$		Мережний номер ШМК (за безпосереднього підключення до PLC $N_{ШМК}=1$)
03	$N_{УСТР}$	“_”	Номер модуля мережний
01	$D_{ОШ}$	Вихід	Ознака помилки зв'язку з модулем
02	$N_{ОШ}$	“_”	Код помилки зв'язку з модулем
03	$D_{ОШВИХ}$	“_”	Ознака помилки виходу
04	$N_{ОШВИХ}$	“_”	Номер виходу з помилкою
05	$D_{ОШ} 1.1$	“_”	Ознака обриву на вході № 1
06	$D_{ОШ} 2.1$	“_”	Ознака обриву на вході № 2
07	$D_{ОШ} 3.1$	“_”	Ознака обриву на вході № 3
08	$D_{ОШ} 4.1$	“_”	Ознака обриву на вході № 4
09	$D_{ОШ} 1.2$	“_”	Ознака обриву на вході № 5
10	$D_{ОШ} 2.2$	“_”	Ознака обриву на вході № 6
11	$D_{ОШ} 3.2$	“_”	Ознака обриву на вході № 7
12	$D_{ОШ} 4.2$	“_”	Ознака обриву на вході № 8

Алгоритм ВДМ (205) – ввід з дискретного модуля – застосовується для обміну даними з такими модулями УСО-Д дискретного виводу як МСД-Д-03 і МСД-Д-04. Модифікатор розміру MP=01 для

МСД-Д-03 і МР=02 для МСД-Д-04. Модифікатор типу і масштаб часу відсутні. Позначення та призначення входів-виходів алгоритму ВДМ наведені у табл.4.41, а його функціональна схема – на рис.4.103.

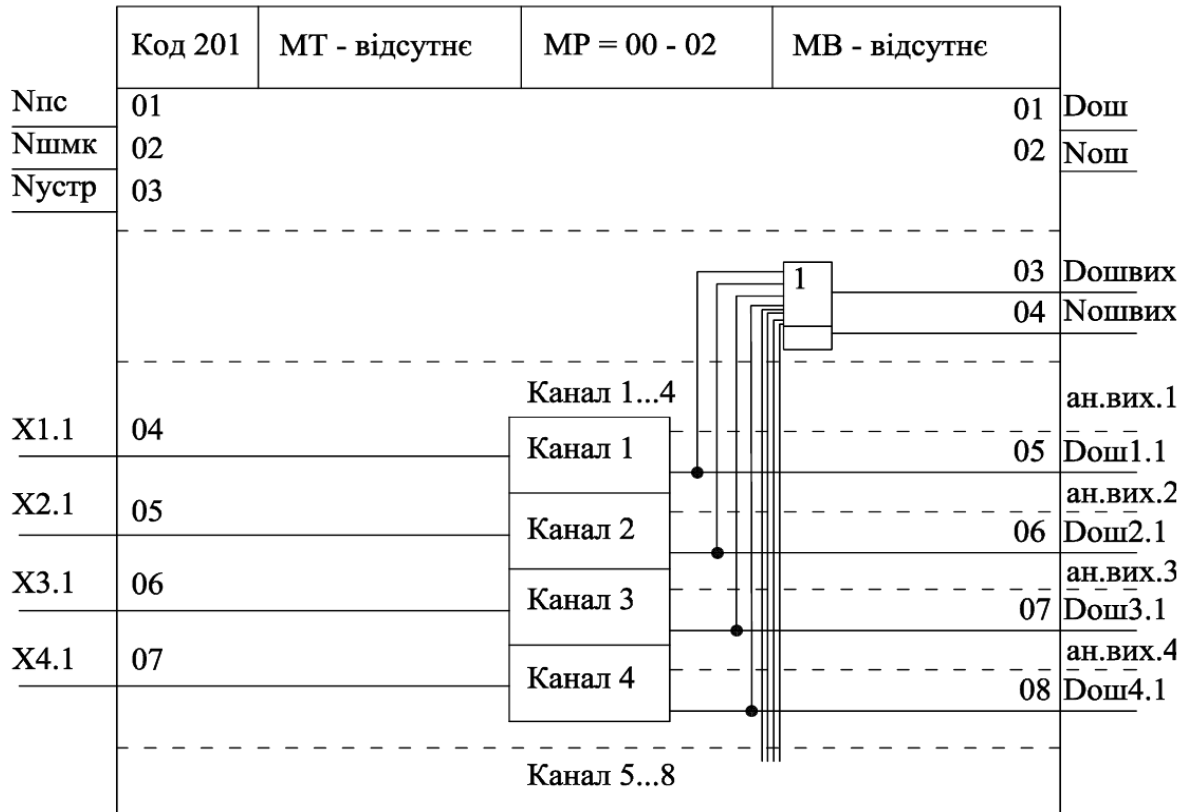


Рис.4.102. Функціональна схема алгоритму МАВ.

Таблиця 4.41. Призначення входів-виходів алгоритму ВДМ

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
01	$N_{\text{ПС}}$	Вхід	Номер польової мережі
02	$N_{\text{ШМК}}$		Мережний номер ШМК (за безпосереднього підключення до PLC $N_{\text{ШМК}}=1$)
03	$N_{\text{УСТР}}$	“_”	Номер модуля мережний
04	$V_{\text{ИЗМ}}$	“_”	Час зміни сигналу
01	$D_{\text{ОШ}}$	Вихід	Ознака помилки зв’язку з модулем
02	$N_{\text{ОШ}}$	“_”	Код помилки зв’язку з модулем

03	$D_{\text{ВХОШ}}$	“_”	Ознака обриву лінії зв'язку з датчиком на одному з каналів
----	-------------------	-----	--

Закінчення табл.4.41

04	$N_{\text{ВХОШ}}$	“_”	Номер каналу вводу з обривом лінії зв'язку з датчиком
05	$D_{1.1}$	“_”	Значення сигналу на вході № 1
06	$D_{\text{ОБР}} 1.1$	“_”	Ознака обриву на вході № 1
....
19	$D_{8.1}$	“_”	Значення сигналу на вході № 8
20	$D_{\text{ОБР}} 8.1$	“_”	Ознака обриву на вході № 8
21	$D_{1.2}$		Значення сигналу на вході № 9
22	$D_{\text{ОБР}} 1.2$	“_”	Ознака обриву на вході № 9
....
35	$D_{\text{ОШ}} 8.2$	“_”	Значення сигналу на вході № 16
36	$D_{\text{ОШ}} 8.2$	“_”	Ознака обриву на вході № 16

На вході $V_{\text{ИЗМ}}$ задається припустимий час зміни сигналу для фільтрації дріб'язку при зміні сигналу.

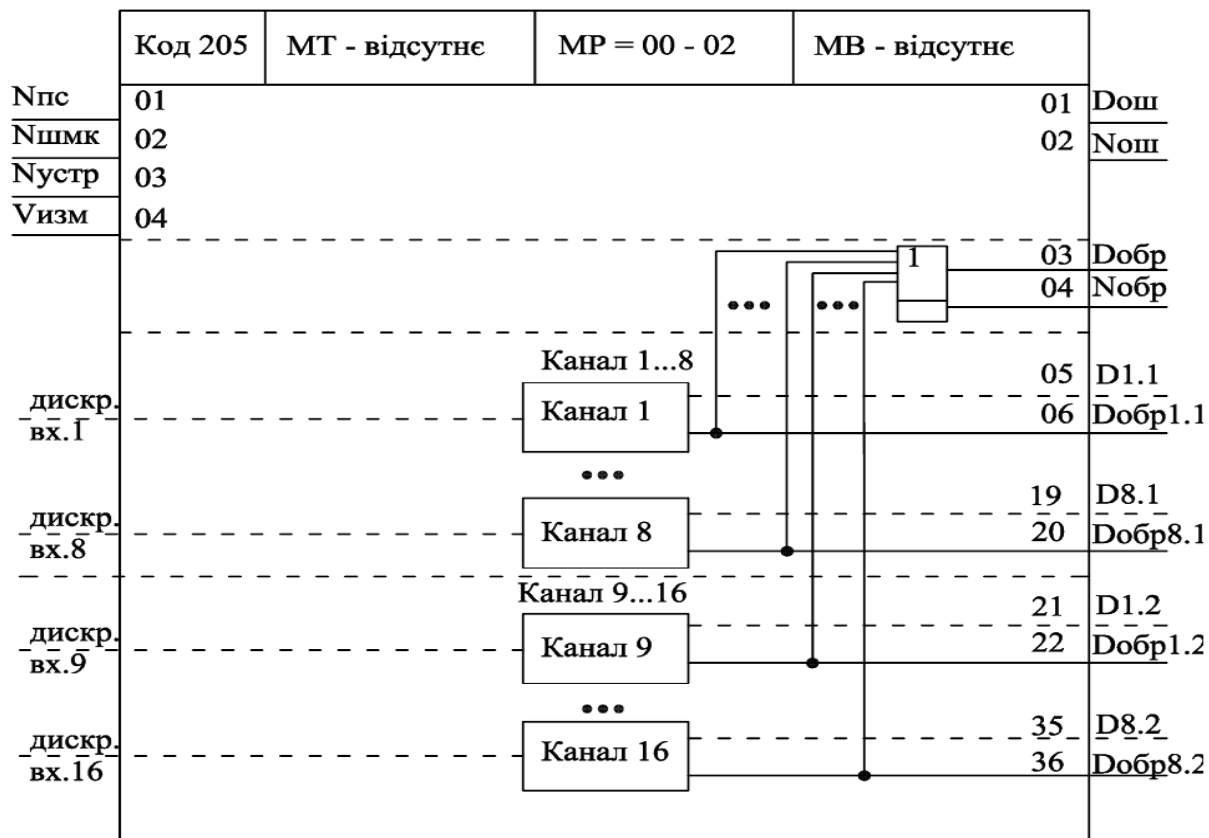


Рис.4.103. Функціональна схема алгоритму ВДМ.

Алгоритм МДВ (206) – модуль дискретного виводу – застосовується для обміну даними з наступними модулями УСО: МСД-Д-00 і МСД-Д-01. Модифікатор розміру МР=01 для МСД-Д-00 і МР=02 для МСД-Д-01. Модифікатор типу і масштаб часу відсутні. Позначення та призначення входів-виходів алгоритму МДВ наведені у табл.4.42, а його функціональна схема – на рис.4.104.

Таблиця 4.42. Призначення входів-виходів алгоритму МДВ

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
01	$N_{ПС}$	Вхід	Номер польової мережі
02	$N_{ШМК}$		Мережний номер ШМК (за безпосереднього підключення до PLC $N_{ШМК}=1$)
03	$N_{УСТР}$	“_”	Номер модуля мережний
04	C1.1	“_”	Значення дискретного виходу 1
05	C2.1	“_”	Значення дискретного виходу 2

06	X12.1	“_“	Аналоговий вихід імпульсатора 1
....
14	C7.1	“_“	Значення дискретного вихода 7
15	C8.1	“_“	Значення дискретного виходу 8
16	X78.1	“_“	Аналоговий вихід імпульсатора 4
17	C1.2	“_“	Значення дискретного виходу 9
18	C2.2	“_“	Значення дискретного виходу 10
19	X12.2	“_“	Аналоговий вихід імпульсатора 5
....
26	C7.2	“_“	Значення дискретного виходу 15
27	C8.2	“_“	Значення дискретного виходу 16
28	X78.2	“_“	Аналоговий вихід імпульсатора 8
01	D _{ОШ}	Вихід	Ознака помилки зв'язку з модулем
02	N _{ОШ}	“_“	Код помилки зв'язку з модулем
03	D _{ВИХОШ}	“_“	Ознака помилки виходу

Закінчення табл.4.42

04	N _{ВИХОШ}	“_“	Номер виходу з помилкою
05	D _{ВИХ} 1.1	“_“	Ознака помилки виходу № 1
06	N _{ВИХ} 1.1	“_“	Код помилки виходу № 1
....
19	D _{ВИХ} 8.1	“_“	Ознака помилки виходу № 8
20	N _{ВИХ} 8.1	“_“	Код помилки виходу № 8
21	D _{ВИХ} 1.2	“_“	Ознака помилки виходу № 9
22	N _{ВИХ} 1.2	“_“	Код помилки виходу № 9
23	D _{ВИХ} 2.2	“_“	Ознака помилки виходу №10
....
35	D _{ВИХ} 8.2	“_“	Ознака помилки виходу № 16
36	N _{ВИХ} 8.2	“_“	Код помилки виходу № 16

На входи $C_i.m$ надходить значення необхідне для виходу з модуля УСО. На входи $X_i.m$ подається аналогове значення для імпульсатора (виходу аналогового регулятора), якщо пари виходів модулю працюють у режимі імпульсатора. Вихід $D_{\text{ВИХ}}.i.m$ забезпечує індикацію помилки у роботі дискретного виходу.

Алгоритм МЧИ (213) застосовується для зв'язку з модулем МЧИ-Д та обслуговує тільки один модуль МЧИ-Д. Алгоритм містить декілька ідентичних незалежних каналів, кількість яких задається модифікатором $MP=00\div 04$. Призначення входів-виходів алгоритму МЧИ та його функціональна схема наведені відповідно у табл.4.43 і на рис.4.105.

Драйвер обміну з модулем віднімає з МЧИ-Д число імпульсів, що накопичене лічильниками за один цикл обміну. Алгоритм має умонтований інтегратор кількості імпульсів. Значення інтегратора надходить на виходи N_i алгоритму. Інтегратор імпульсів має вхід скидання $C_{\text{СБР}}.i$. За умови $C_{\text{СБР}}.i=1$ інтегратор обнулюється і на вихід надходить число імпульсів, накопичене лічильниками за один цикл.

Інтегратор має пороговий елемент, що настроюється по входу $N_{\text{ПОР}.i}$. У разі спрацьовування порогового елемента відбувається індикація на виході $D_{\text{ПОР}.i}=1$. Вихід $D_{\text{ПОР}}$ забезпечує показання спрацьовування хоча б одного з порогових елементів, а на виході $N_{\text{ВХ}}$ указується номер каналу на якому відбулося спрацьовування порогового елемента. Вихід $Y_{\text{ЧС}}$ (на схемі відсутній) забезпечує індикацію значення частоти або параметра у залежності від настройок модуля МЧИ-Д. На виході D_{T} (на схемі не показано) відбувається індикація ознаки технічних одиниць, за якими здійснено налаштування каналу модуля МЧИ-Д.

Таблиця 4.43. Призначення входів-виходів алгоритму МЧИ.

Номер	По- значен	Вхід - Вихід	Призначення

ня

01	$N_{\text{ПС}}$	Вхід	Номер польової мережі
02	$N_{\text{ШМК}}$		Мережний номер ШМК (за безпосереднього підключення до PLC $N_{\text{ШМК}}=1$)
03	$N_{\text{УСТР}}$	“_”	Номер модуля мережний
04	$C_{\text{СБР.1}}$	“_”	Сигнал скидання лічильника каналу 1
05	$N_{\text{ПОР.1}}$	“_”	Поріг лічильника каналу 1
....
$2*m+2$	$C_{\text{СБР.m}}$	“_”	Сигнал скидання лічильника каналу m
$2+m$	$N_{\text{ПОР.m}}$		Поріг лічильника каналу m
01	$D_{\text{ОШ}}$	Вихід	Прапор помилки обміну
02	$N_{\text{ОШ}}$	“_”	Номер помилки обміну
03	$D_{\text{ПОР}}$	“_”	Прапор перевищення порога на одному з лічильників

Закінчення табл.4.43

04	$N_{\text{ВХ}}$	“_”	Номер виходу з перевищенням порогу
05	$N.1$	“_”	Значення лічильника на каналі 1
06	$D_{\text{ПОР.1}}$	“_”	Прапор перевищення порогу на каналі 1
07	$D_{\text{ОШ.1}}$	“_”	Ознака переповнення лічильника в модулі на каналі 1
08	$Y_{\text{ЧС.1}}$	“_”	Значення частоти або параметра (в залежності від налаштування каналу) в модулі на каналі 1
09	$D_{\text{Т.1}}$	“_”	Ознака технічних одиниць в модулі на каналі 1
....
$5*m$	$N.m$	“_”	Значення лічильника на каналі m
$5*m+1$	$D_{\text{ПОР.m}}$	“_”	Прапор перевищення порогу на каналі m
$5*m+2$	$D_{\text{ОШ.m}}$	“_”	Ознака переповнення лічильника в модулі на каналі m

$5*m+3$	$Y_{\text{чс.}m}$	“_“	Значення частоти або параметра (в залежності від налаштування каналу) в модулі на каналі m
$5*m+4$	$D_{\text{т.}m}$	“_“	Ознака технічних одиниць в модулі на каналі m

Алгоритм РАН (020) – регулювання аналогове – застосовується для реалізації ПД-регулятора з аналоговим виходом. Функціональна схема призначення входів-виходів та передатна функція ідентична алгоритму РАН контролера Р-130, але відсутні режими «робота» і «настройка». При цьому на входи 11 і 12 надходять відповідно сигнали $C_{\text{зб}}$ (заборони у напрямку «більше») та $C_{\text{зм}}$ (заборони у напрямку «менше»), за яких відбувається блокування зміни інтегральної складової ПД-ланки у забороненому у напрямку.

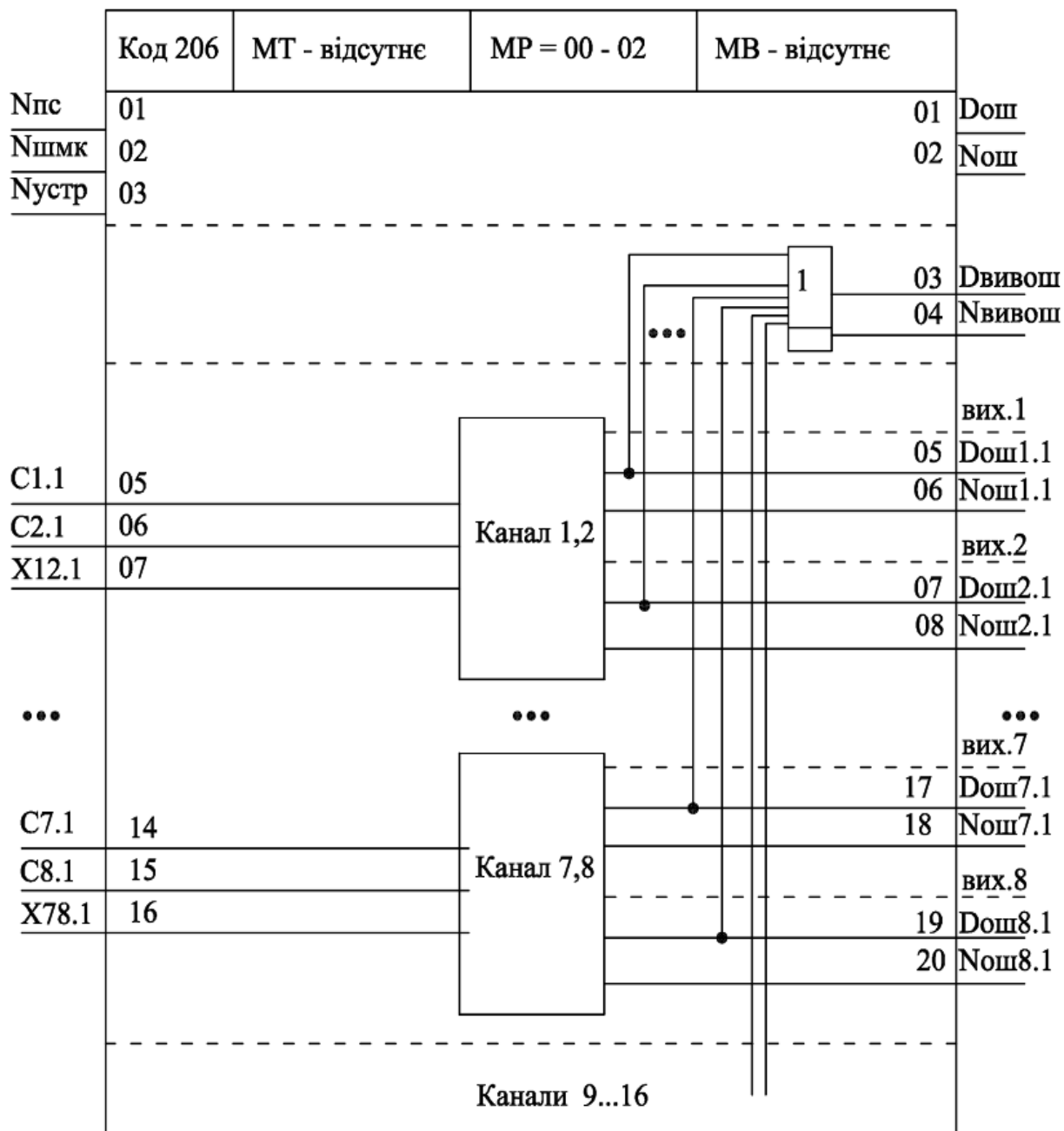


Рис.4.104 Функціональна схема алгоритму МДВ.

Алгоритм РИМ (021) – регулювання імпульсне – застосовується для реалізації ПІД-регулятора в комплекті з виконавчим механізмом постійної швидкості. Функціональна схема, призначення входів-виходів та передатна функція ідентична алгоритму РИМ контролера Р-130. При цьому відсутні входи 11÷13, а отже режими «робота-настройка».

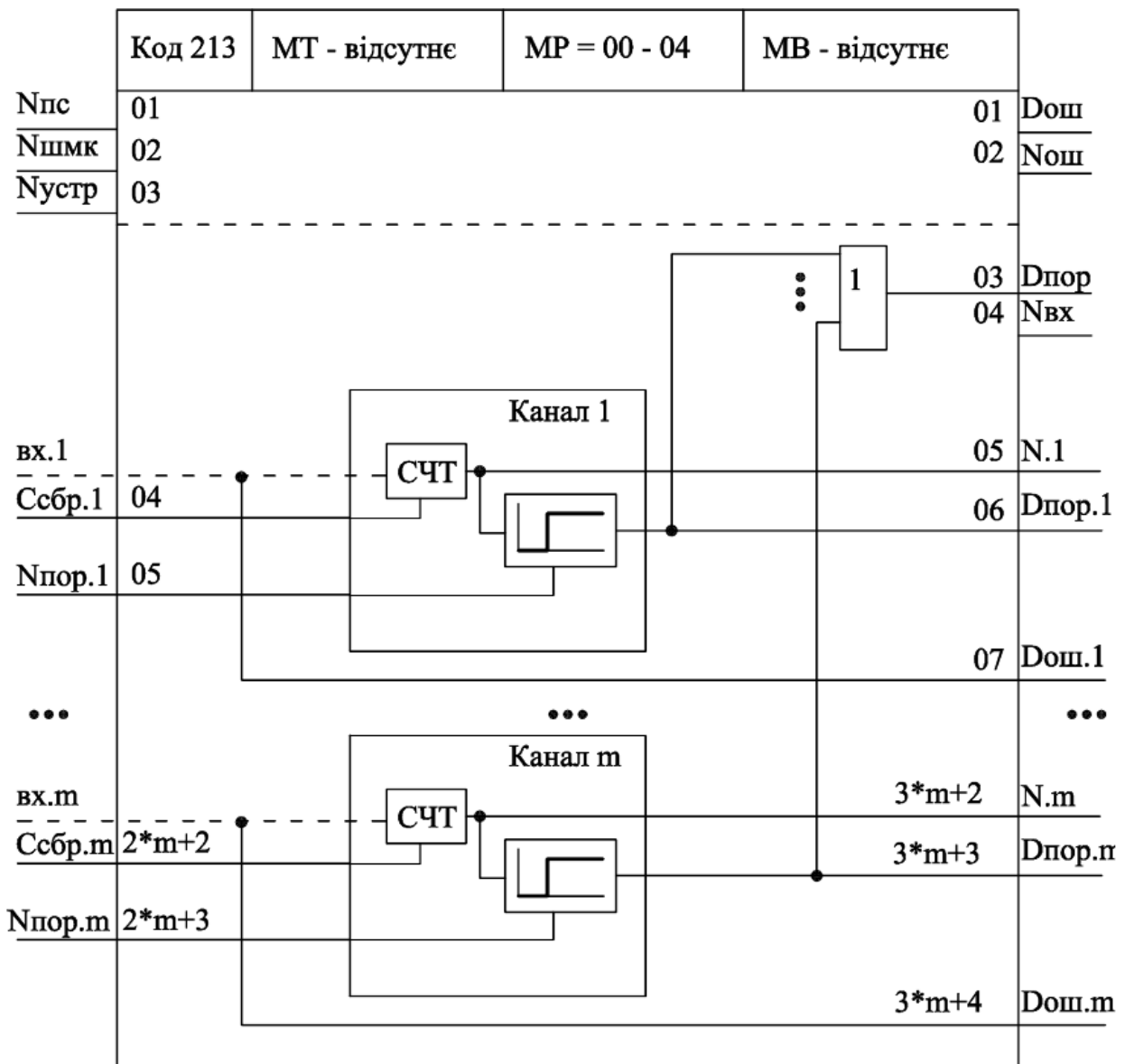


Рис.4.105 Функціональна схема алгоритму «Модуль МЧИ-МЧИ».

Алгоритм ФІВ (022) – формувач імпульсного виводу – застосовується для перетворення сигналів аналогових у послідовність імпульсів змінної тривалості. Кількість виходів m , що обслуговується алгоритмом, задається модифікатором $МР=00\div08$. Позначення і призначення входів-виходів алгоритму наведено у табл.4.44, а його функціональна схема – на рис.4.106.

Слід відзначити, що параметри T , $T_{ЛБ}$ і $T_{ЛМ}$ задаються в діапазоні $0\div4$ с та округляються до значення, яке кратне часу циклу контролера.

Таблиця 4.44. Призначення входів-виходів алгоритму ФІВ

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
01	$X.1$	Вхід	Сигнал 1-го входу
02	$T.1$	“–“	Мінімальна тривалість імпульсу 1-го виходу
03	$T_{\text{ЛБ}}.1$	“–“	Тривалість імпульсу вибору люфту у напрямку «більше» 1-го виходу
04	$T_{\text{ЛМ}}.1$	“–“	Тривалість імпульсу вибору люфту у напрямку «менше» 1-го виходу
....
$4*m-3$	$X.m$	“–“	Сигнал m -го входу
$4*m-2$	$T.m$	“–“	Мінімальна тривалість імпульсу m -го виходу
$4*m-1$	$T_{\text{ЛБ}}.m$	“–“	Тривалість імпульсу вибору люфту у напрямку «більше» m -го виходу
$4*m$	$T_{\text{ЛМ}}.m$	“–“	Тривалість імпульсу вибору люфту у напрямку «менше» m -го виходу
01	$D_{\text{Б}}.1$	Вихід	Сигнал 1-го виходу «більше»
02	$D_{\text{М}}.1$	“–“	Сигнал 1-го виходу «менше»
03	$D_{\text{Б}}.2$	“–“	Сигнал 2-го виходу «більше»
04	$D_{\text{М}}.2$	“–“	Сигнал 2-го виходу «менше»
....
$2*m-1$	$D_{\text{Б}}.m$	“–“	Сигнал m -го виходу «більше»
$2*m$	$D_{\text{М}}.m$	“–“	Сигнал m -го виходу «менше»

Алгоритм ЗДН (024) – завдання – застосовується для формування сигналу ручного завдання в АСР. Через цей алгоритм до регулятора підключаються також програмні задавачі і сигнал зовнішнього завдання. Позначення і призначення входів-виходів і функціона-

льна схема алгоритму ідентичні контролеру Р-130. різниця полягає лише в тому, що на вхід 01 надходить сигнал зовнішнього завдання $X_{вн}(k)$, а на вхід 04 – параметр швидкості динамічного балансування $V_{дб}$.

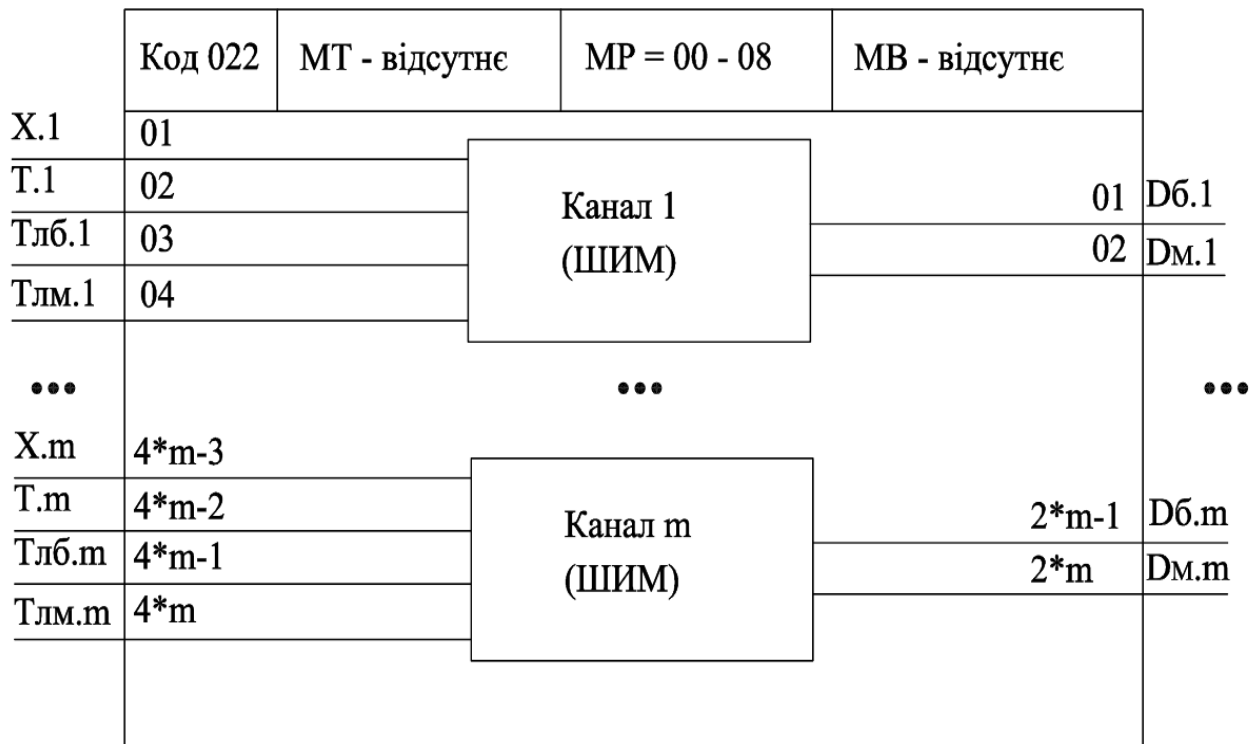


Рис.4.106. Функціональна схема алгоритму ФІВ: ШИМ – широтно-імпульсний модулятор.

Алгоритм ЗДЛ (025) – завдання локальне – за призначенням, функціональною схемою з позначенням входів-виходів ідентичні контролеру Р-130

Алгоритм РУЧ (026) – ручне керування – призначений для зміни режимів керування контролеру. Застосовується у складі як аналогового, так і імпульсного регулятора. Позначення і призначення входів-виходів алгоритму та його функціональна схема наведено у табл.4.45 і на рис.4.107.

Перехід з режиму на режим за допомогою пульта керування ідентичний контролеру Р-130. Модифікатор типу МТ алгоритму визначає тип режиму керування по умовчання, тобто положення П1 і

П2, а саме: МТ=1 – автоматичне КУ, ЛУ; МТ=2 – автоматичне дистанційне; МТ=3 – ручне КУ, ЛУ; МТ=4 – ручне дистанційне.

Таблиця 4.45. Призначення входів-виходів алгоритму РУЧ

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
01	$C_{руч}$	Вхід	Перехід на ручний режим
02	$C_{авт}$	“_”	Перехід на автоматичний режим
03	X	“_”	Сигнал локального або каскадного регулятора
04	$X_{дст}$	“_”	Сигнал дистанційного керування
01	Y	Вихід	Основний вихід (каскадний)
02	$D_{руч}$	“_”	Ручний режим
03	$D_{дст}$	“_”	Дистанційний режим

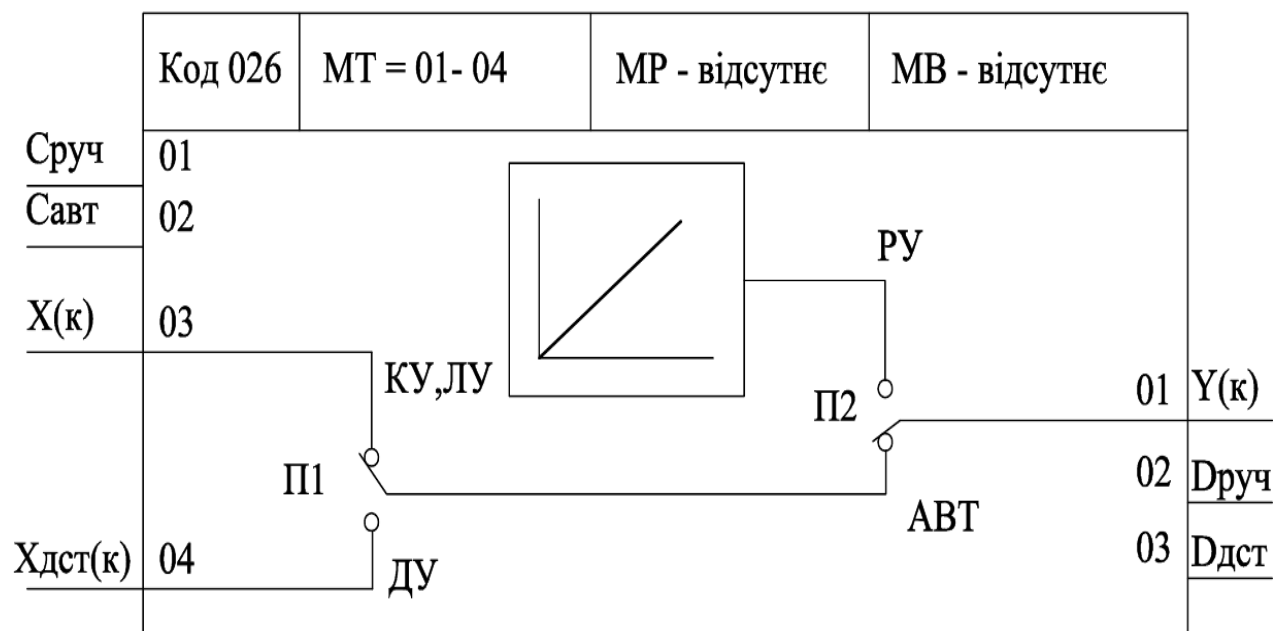


Рис.4.107. Функціональна схема алгоритму РУЧ: П1, П2 – перемикачі режимів керування (каскадного КУ, локального ЛУ, ручного РУ, дистанційного ДУ і автоматичного АВТ).

Алгоритм ПРЗ (027) – програмний задавач – за призначенням, функціональною схемою з позначенням входів-виходів ідентичні контролеру Р-130.

Інші алгоритми статичного і динамічного керування з кодами 028÷056 ідентичні бібліотеці алгоритмів контролеру Р-130. Окрему групу складають у бібліотеці КР-500 алгоритми для виконання логічних операцій, деякі з яких представлені нижче.

Алгоритм ДЛО (070) – двовходова логічна операція – застосовується для формування декількох (до 20) дискретних сигналів, кожний з яких є результатом логічної операції над двома дискретними сигналами. Тип логічної операції (І, АБО, що виключає АБО) визначається модифікатором МТ.

Позначення, призначення входів-виходів алгоритму та його функціональна схема наведено у табл.4.46 і на рис.4.108.

Таблиця 4.46. Призначення входів-виходів алгоритму ДЛО

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
01	$C1.1$	Вхід	1-й вхід 1-ої ланки
02	$C2.1$	“–“	2-й вхід 1-ої ланки
03	$C1.2$	“–“	1-й вхід 2-ої ланки
04	$C2.2$	“–“	2-й вхід 2-ої ланки
....
$2m-1$	$C1.m$	“–“	1-й вхід m -ої ланки
$2m$	$C2.m$	“–“	2-й вхід m -ої ланки
01	$D1$	Вихід	Вихід 1-ої ланки
02	$D2$	“–“	Вихід 2-ої ланки
....
m	Dm	“–“	Вихід m -ої ланки

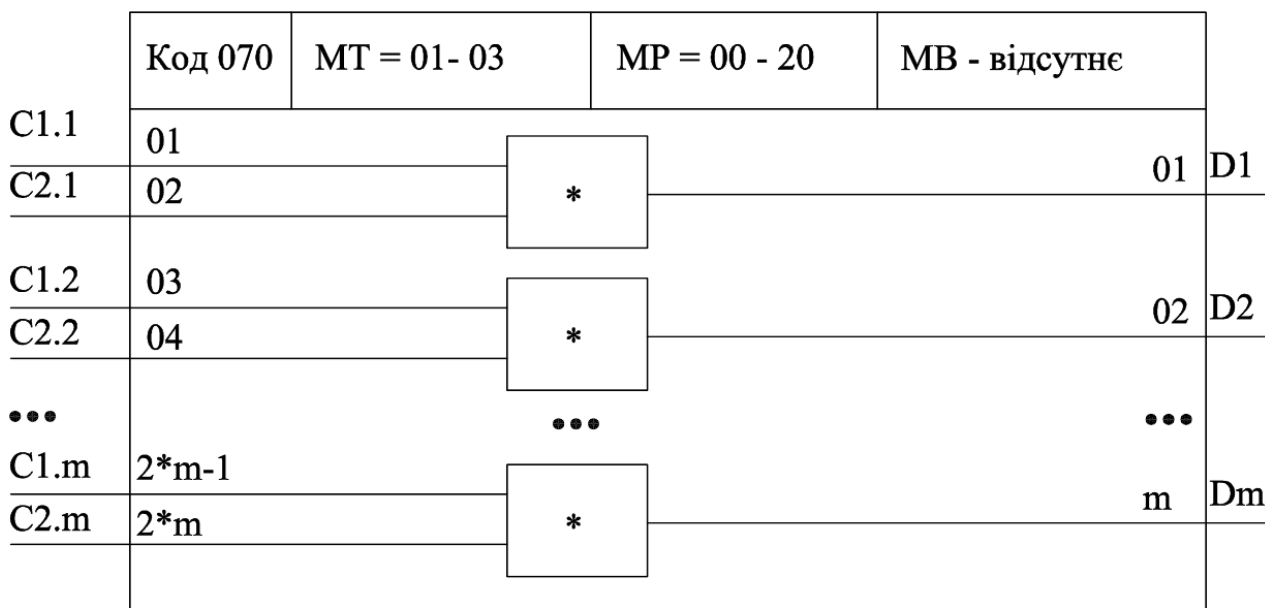


Рис.4.108. Функціональна схема алгоритму ДЛО: * – одна з операцій, що задається модифікатором MT.

Робота алгоритму під час виконання різних операцій може бути проілюстрована у вигляді наступних таблиць.

$C1.i$	0	0	1	1	$C1.i$	0	0	1	1		
$C2.i$	0	0	0	1	$C2.i$	0	1	0	1		
$D.i$	0	0	0	1	$D.i$	0	1	1	1		
MT=01 (Операція I (AND))					MT=02 (Операція АБО (OR))						
	$C1.i$	0	0	1	1		$C1.i$	0	0	1	1
	$C2.i$	0	1	0	1		$C2.i$	0	1	0	1
	$D.i$	0	1	1	0		$D.i$	0	1	1	0
	MT=03 (що виключає АБО)										

Слід відзначити, якщо MP=00, алгоритм є не заповненим, а отже ніяка операція не буде виконуватись.

Алгоритм МАЖ (075) – мажорювання – застосовується для підвищення вірогідності дискретних алгоритмів, що надходять, наприклад, від модулів дискретного вводу контролера. Він працює за правилом «два з трьох». Позначення, призначення входів-виходів алго-

ритму та його функціональна схема наведено у табл.4.47 і на рис.4.109.

Таблиця 4.47. Призначення входів-виходів алгоритму МАЖ.

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
01	<i>C1</i>	Вхід	1-й вхід
02	<i>C2</i>	“–“	2-й вхід
03	<i>C3</i>	“–“	3-й вхід
01	<i>Do</i>	Вихід	Основний вихід
02	<i>D</i>	“–“	Ознака розбіжності
03	<i>N</i>	“–“	Номер вхідного сигналу, стан якого не збігається зі станом двох інших сигналів

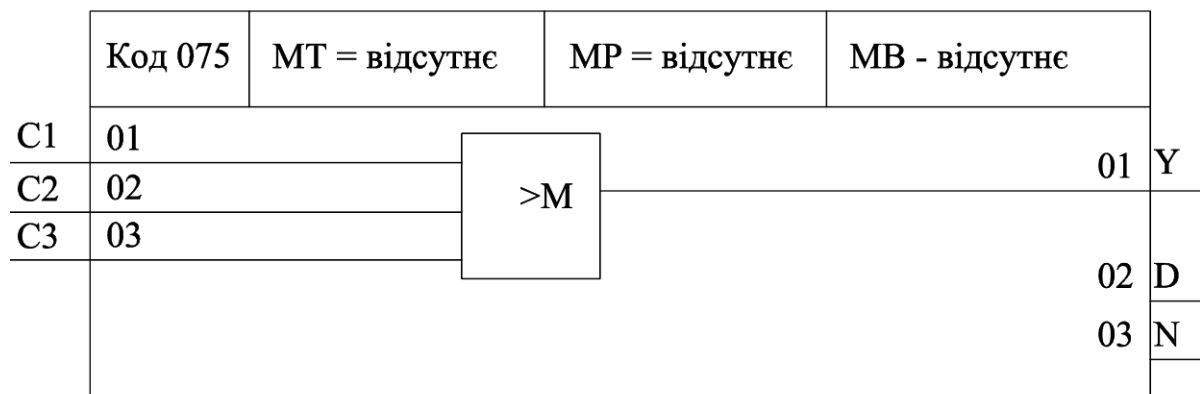


Рис.4.109 Функціональна схема алгоритму МАЖ.

Алгоритм містить вузол мажорювання, а також логіку, що визначає номер сигналу, стан якого не збігається із станом двох інших сигналів. Робота алгоритму наочно ілюструється нижче наведеною таблицею.

Стан вхідного сигналу	<i>Do</i>	<i>D</i>	<i>N</i>
$C1=C2=C3=C$	<i>C</i>	0	0
$C3=C2=C; C1 \neq C$	<i>C</i>	1	1
$C1=C3=C; C2 \neq C$	<i>C</i>	1	2
$C1=C2=C; C3 \neq C$	<i>C</i>	1	3

Алгоритм ШЦС (109) – шифратор цілих чисел – здійснює пакування цілих чисел для їх передачі по інтерфейсу за допомогою алгоритмів ИНВ та ИНР. Позначення, призначення входів-виходів алгоритму наведено у табл.4.48.

Таблиця 4.48. Призначення входів-виходів алгоритму ШЦС

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
01	$N1.1$	Вхід	1-е ціле число 1-го каналу
02	$N2.1$	“_”	2-е ціле число 1-го каналу
03	$N1.2$	“_”	1-е ціле число 2-го каналу
04	$N2.2$	“_”	2-е ціле число 2-го каналу
....
$2m-1$	$N1.m$	“_”	1-е ціле число m -го каналу
$2m$	$N2.m$	“_”	1-е ціле число m -го каналу
01	УЦС1	Вихід	1-е упаковане число
02	УЦС2	“_”	2-е упаковане число
....
m	УЦС m	“_”	m -е упаковане число

Алгоритм має m однотипових каналів, кількість яких задається модифікатором розміру ($MP=0\div 63$). Масштаб часу відсутній. Кожний канал здійснює пакування одного чи двох цілих стандартних чисел довжиною два байти кожне у 4-х байтове число. Перші два байти цього числа містять перше ціле число, другі два байти – друге число.

Алгоритм ДШЦ (110) – дешифратор цілих чисел – здійснює розпакування цілих чисел після їх прийому по інтерфейсу за допомогою алгоритмів ВИН. Позначення, призначення входів-виходів алгоритму ДШЦ наведено у табл.4.49.

Алгоритм має m однотипових каналів, кількість яких задається модифікатором розміру ($MP=0\div 63$). Кожний канал розпаковує одне

4-х байтове число у два цілих стандартних числа довжиною у 2 байти кожне. Масштаб часу відсутній.

Таблиця 4.49. Призначення входів-виходів алгоритму ДШЦ

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
01	УЦС1	Вхід	1-е упаковане число
02	УЦС2	“–“	2-е упаковане число
....
m	УЦС m	“–“	m -е упаковане число
01	$N1.1$	Вихід	1-е ціле число 1-го каналу
02	$N2.1$	“–“	2-е ціле число 1-го каналу
03	$N1.2$	“–“	1-е ціле число 2-го каналу
04	$N2.2$	“–“	2-е ціле число 2-го каналу
....
$2m-1$	$N1.m$	“–“	1-е ціле число m -го каналу
$2m$	$N2.m$	“–“	1-е ціле число m -го каналу

Алгоритм ШДП (111) – шифратор дискретних змінних – здійснює кодування дискретних значень для їх передачі по інтерфейсу за допомогою алгоритмів ИНВ та ИНР. Позначення, призначення входів-виходів алгоритму ШДП наведено у табл.4.50.

Таблиця 4.50. Призначення входів-виходів алгоритму ШДП

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
01	С1	Вхід	1-е дискретне значення
02	С2	“–“	2-е дискретне значення
....
m	С m	“–“	m -е дискретне значення
01	УДП	Вихід	Упаковане 4-х байтове число

Алгоритм має m однотипових каналів, кількість яких задається модифікатором $MP=0\div 32$, та один вихід. ШДП спаковує до 32 дискретних значень в одне 4-х байтове число, кожний біт якого дорівнює відповідному входу алгоритму. Якщо число входів алгоритму менше 32, то біти вихідного числа, що не відповідають ніяким входам, мають випадкове значення.

Алгоритм ДДП (112) – дешифратор дискретних змінних – здійснює розпакування дискретних значень при їх прийомі по інтерфейсу за допомогою алгоритмів ВИН. Має m однотипових каналів, кількість яких відповідає модифікатору $MP=0\div 32$, та один вхід. Алгоритм розпаковує одне 4-х байтове число у 32 дискретних сигнали, кожний з яких передається на відповідний вихід алгоритму. Позначення, призначення входів-виходів алгоритму ДДП наведено у табл.4.51.

Таблиця 4.51. Призначення входів-виходів алгоритму ШДП

Номер	Позначення	Вхід – Вихід	Призначення
01	УДП1	Вхід	Упаковане 4-х байтове число
01	D1	Вихід	1-е дискретне значення
02	D2	“_”	2-е дискретне значення
....
m	Dm	“_”	m -е дискретне значення

Виконання функціональних схем в процесі конфігурування АСР здійснюється за правилами ідентичними як і для контролера Р-130. Нижче розглянуті окремі найбільш типові схеми конфігурування АСР із застосування бібліотеки алгоритмів КР-500.

АСР стабілізації технологічного параметра, схема якої наведена на рис.4.110, реалізована із застосуванням алгоритму РАН.

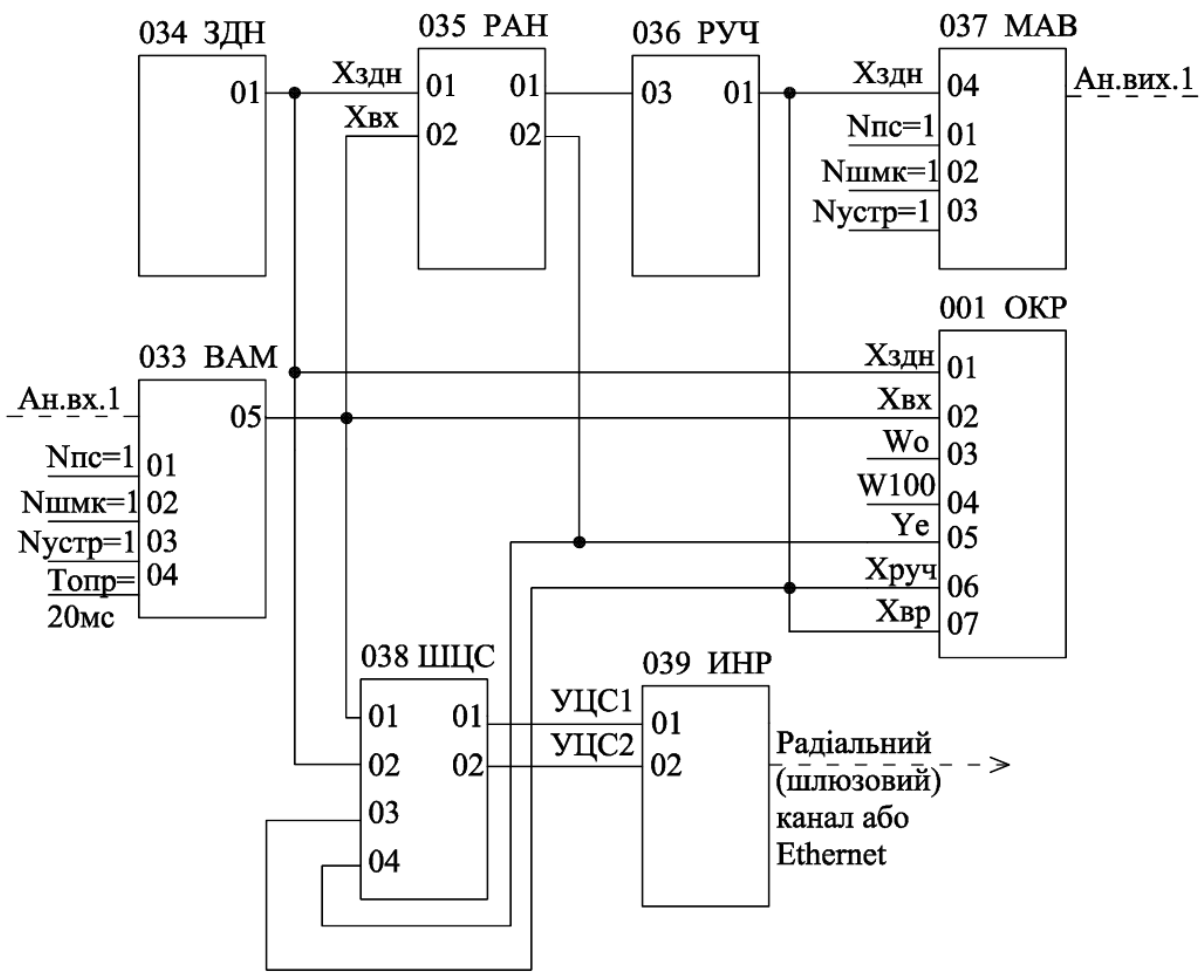


Рис.4.110. АСР стабілізації технологічного параметра із застосуванням алгоритму РАН.

Особливість схеми, наведеної на рис.4.110, на відміну від виконаній на базі алгоритмів контролера Р-130 полягає у застосуванні алгоритмів вводу-виводу. Для уводу параметру регулювання $X_{вх}$ використовується алгоритм ВАМ, що забезпечує обмін даними з модулем польової мережі МАВ-Д. Підключення блоку контролера до РС здійснюється по радіальному інтерфейсу, тобто безпосередньо до його портів. Тому передача сигналів та видача їх по каналам РС відбувається по радіальному каналу. Для цього у схемі використовується алгоритм ИНР, який приймає аналоговий сигнал цілих чисел від алгоритму ШЦС.

АСР стабілізації технологічного параметра, схема якої наведена на рис.4.111, виконана із застосуванням алгоритму РИМ.

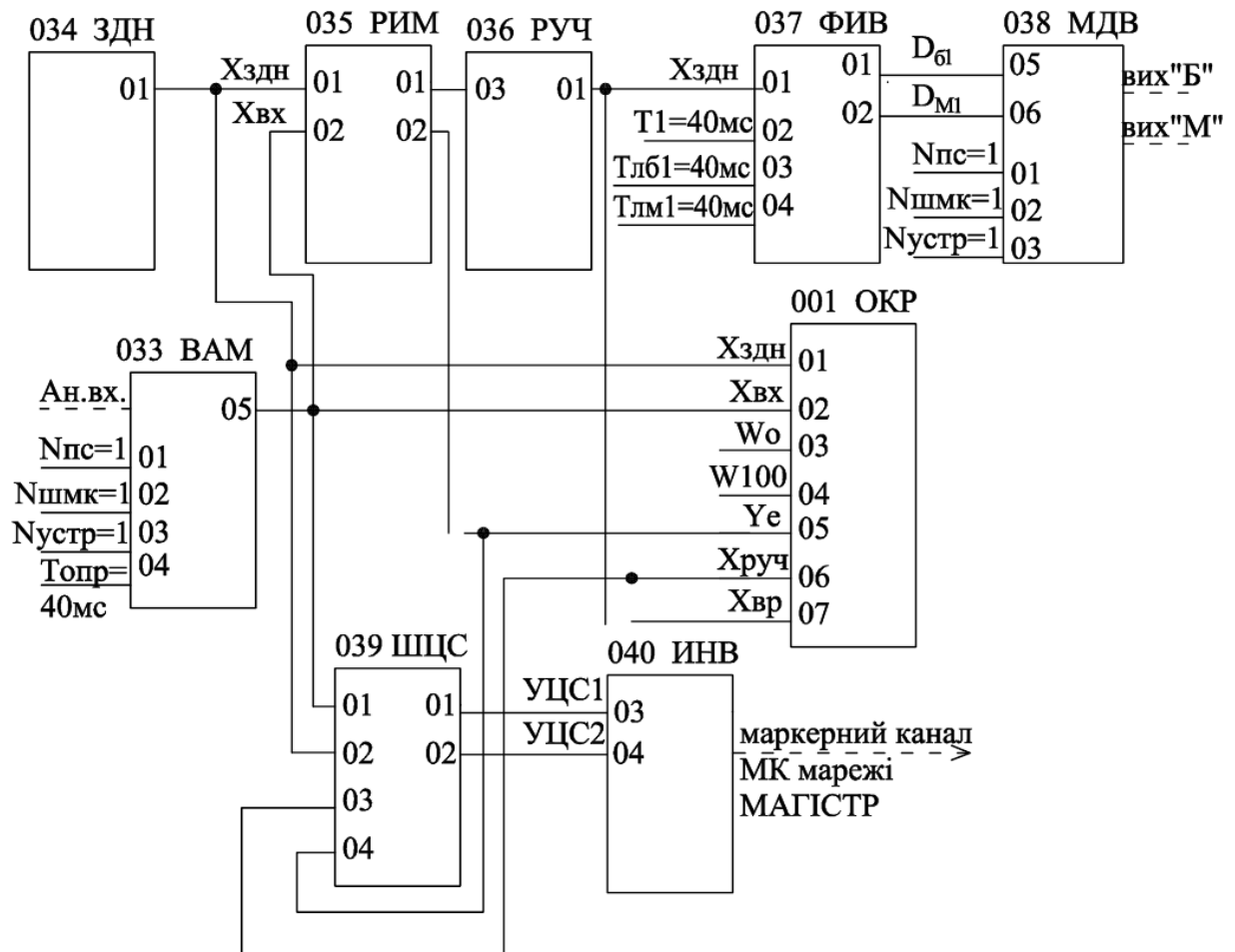


Рис.4.111. АСР стабілізації технологічного параметра із застосуванням алгоритму РИМ.

Із порівняння схем, показаних на рис.4.110 і 4.111, виходить, що вони відрізняються алгоритмами виводу інформаційних потоків – керуючих та інтерфейсних. При цьому алгоритм ФІВ перетворює керуючий аналоговий сигнал, що сформований алгоритмом РИМ, у послідовність імпульсів, для керування виконавчим механізмом постійної швидкості, а алгоритм МДВ забезпечує передачу цих дискретних сигналів до модулів УСО, таких як МСД-Д-00 чи МСД-Д-01. Інформація, що передається у маркерну мережу МАГІСТР заводить-ся на входи мережного алгоритму ИНВ. Ці інформаційні спаквані потоки можуть бути передані іншим PLC мережі МАГІСТР. При цьому в іншому PLC передані потоки можуть бути попередньо розпаковані на виходах алгоритму ВКИ за допомогою алгоритму деши-

фрації ДШЦ. Виділені на виходах алгоритму ВИН сигнали у разі необхідності можуть оброблятися потім іншими алгоритмами, що зв'язані за конфігурацією з алгоритмом ВИН і ДШЦ.

4.5. Малоканальний багатофункціональний контролер

МІК-51

Контролер МІК-51 – це компактний проектно-компонуючий виріб, що дозволяє користувачу обрати потрібний комплект модулів розширення МР (УСО-пристроїв зв'язку з об'єктом) і клемно-блокових з'єднувачів (КБЗ) згідно кількості і виду вхідних-вихідних сигналів та реалізувати у складі АСКТП системи регулювання будь-якої складності: локальні, каскадні, програмні, супервізорні і багатозв'язані. Контролер має можливість побудови до 9 незалежних АСР, кожна з яких може бути локальною чи каскадною, з аналоговим чи імпульсним виходом, з ручним, програмним, багатопрограмним чи супервізорним задатчиком. МІК-51 містить до 80 типів захитих у ПЗП функціональних блоків (алгоритмів) безперервної і дискретної обробки інформації, а саме функціональні блоки ПД-регулювання, математичних, динамічних, нелінійних, аналогово-дискретних та логічних перетворень. Ці функціональні блоки з бібліотеки можуть бути в процесі програмування розташовані у 99 алгоблоках, які надалі вільно конфігуруються поміж собою, та з виходами-входами контролера. Програмування контролера виконується за допомогою клавіш передньої панелі або по інтерфейсу із застосуванням спеціального програмного забезпечення - візуального редактора FBD-програм АЛЬФА. У якості мови програмування реалізована мова функціональних блоків (FBD) згідно стандарту МЕК (ІЕС 1131-3), яка призначена для розробки прикладного програмного забезпечення збору даних і керування технологічними процесами. Завдяки умонтованій енергонезалежній пам'яті запрограмована інформація зберігається за відсутності живлення.

Контролери МІК-51 можуть об'єднуватись у локальну керуючу мережу шинної конфігурації у кількості до 32 одиниць. Крім того у

цю мережу можуть бути включені також і інші моделі контролерів. Оперативне керування АСР здійснюється за допомогою клавіш лицьової панелі, 2-х чотирьохрозрядних і трирозрядного цифрових індикаторів, а також набору світло діодів, що дозволяють змінювати режими, встановлювати завдання, керувати виконавчими пристроями, контролювати сигнали, індикувати аварійні ситуації. При програмному регулюванні засоби оперативного керування дозволяють отримати необхідну програму, переходити до наступної ділянки програми, а також контролювати хід виконання програми.

Функціональна структура контролера, що наведена на рис.4.112, відображає його інформаційну організацію як ланки керування.

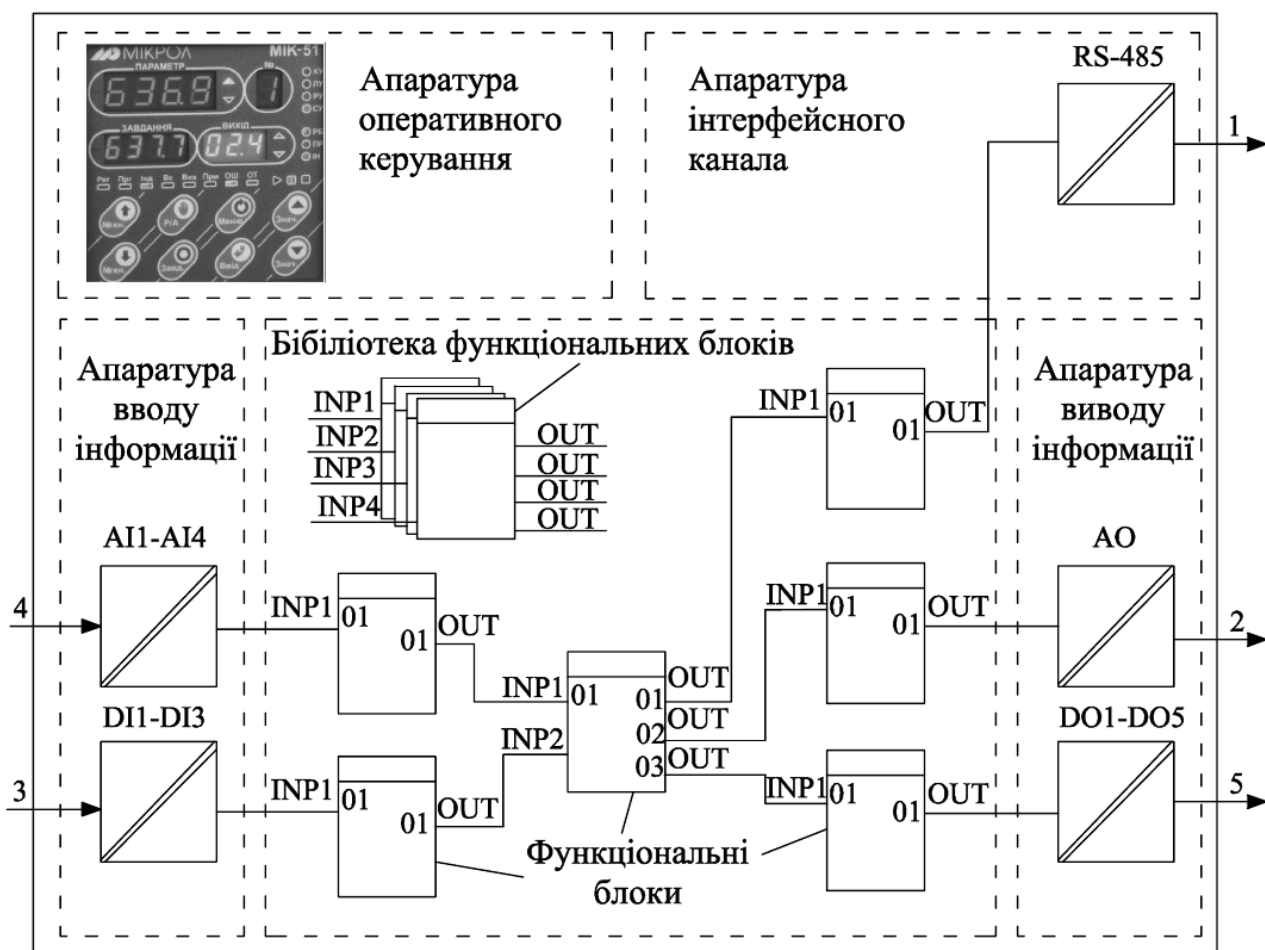


Рис.4.112. Функціональна структура контролера МІК-51: 1 – інтерфейсний канал зв'язку; 2 – аналоговий вихід; 3 – дискретний вхід; 4 – аналоговий вхід; 5 – дискретний вихід.

Частина елементів цієї функціональної структури реалізована апаратно, а інша – програмно. Усе програмне забезпечення, що формує структуру, зашито у ПЗП і користувачу недоступне. Склад структури, згідно рис.4.112, реалізований як апаратно, так і програмно. Контролер розрахований на приймання та видачу як аналогових, так і дискретних сигналів. Формування імпульсних сигналів на виході імпульсного регулятора, які потім надходять на виконавчі пристрої через дискретні виходи контролера, здійснюється програмно. Апаратура вводу (вхідні УСО) перетворює аналогові і дискретні сигнали у цифрову форму, а апаратура виводу (вихідні УСО) здійснює зворотнє перетворення. Зовнішні кола приєднуються до МК-51 за допомогою зовнішнього роз'єму та клемно-блокового з'єднувача. Усі входи-виходи у початковому стані не прив'язані до будь-яких функцій контролера і задаються користувачем в процесі програмування.

Апаратура оперативного керування і настроювання (лицьова панель) розрахована на оператора-технолога та оператора-наладника. Апаратура інтерфейсного каналу має приймач-передавач, що забезпечує перетворення послідовного коду вхідного потоку інформації у паралельний, а також здійснює зворотнє перетворення.

Контролер містить велику бібліотеку функціональних блоків, частина з яких окрім перелічених вище, виконує особливу задачу, а саме зв'язує апаратуру МК-51 з основною частиною функціональних блоків. До цих зв'язаних блоків відносяться: функціональні блоки вводу-виводу аналогових і дискретних сигналів; функціональні блоки обслуговування лицьової панелі; функціональні блоки приймання і передачі сигналів через інтерфейсний канал. Апаратні елементи структури PLC (вхідні і вихідні УСО, лицьова панель, інтерфейсний канал) починають виконувати свої функції лише після того, як будуть використані відповідні функціональні блоки.

Склад контролера включає базову модель МК-51-00 з обмеженою кількістю входів-виходів та один модуль розширення МР-51, що забезпечує збільшення числа номенклатури вхідних-вихідних

сигналів. Сумарна кількість входів-виходів PLC МІК-51 з модулем розширення наведена у табл.4.52.

Таблиця 4.52. Входи-виходи контролера МІК-51 з встановленим модулем розширення МР-51 та відповідним клемно-блоковим з'єднувачем (КБЗ)

Модуль контролера	Модель модуля розширення	Аналоговий		Дискретний		Тип КБЗ
		Вхід	Вихід	Вхід	Вихід	
МІК-51-00*		4	1	3	5	-
МІК-51-01	МР-51-01	4	1	11	5	КБЗ-24-10;
МІК-51-02	МР-51-02	4	1	7	9	КБЗ-24-10; КБЗ-28Р(С,К)-12
МІК-51-03	МР-51-03	4	1	3	13	КБЗ-24-10; КБЗ-30Р(С,К)-12
МІК-51-04	МР-51-04	4	2	11	5	КБЗ-24-10;
МІК-51-05	МР-51-05	4	2	7	9	КБЗ-24-10; КБЗ-28Р(С,К)-12
МІК-51-06	МР-51-06	4	2	3	13	КБЗ-24-10; КБЗ-30Р(С,К)-12
МІК-51-07	МР-51-07	4	2	3	5	КБЗ-24-11
МІК-51-11	МР-51-11	4	2	19	5	КБЗ-24-20
МІК-51-13	МР-51-13	4	2	11	13	КБЗ-24-20; КБЗ-40Р(С,К)-01
МІК-51-15	МР-51-15	4	2	3	21	КБЗ-24-20; КБЗ-54Р(С,К)-01
Примітка: * – базова модель контролера без модуля розширення						

Усі зовнішні кабельні зв'язки, що з'єднують контролер МІК-51 з датчиками і виконавчими пристроями, підключаються до них через

клемно-блокові з'єднувачі. Схема розташування роз'ємів для підключення зовнішніх кіл наведена на рис.4.113.

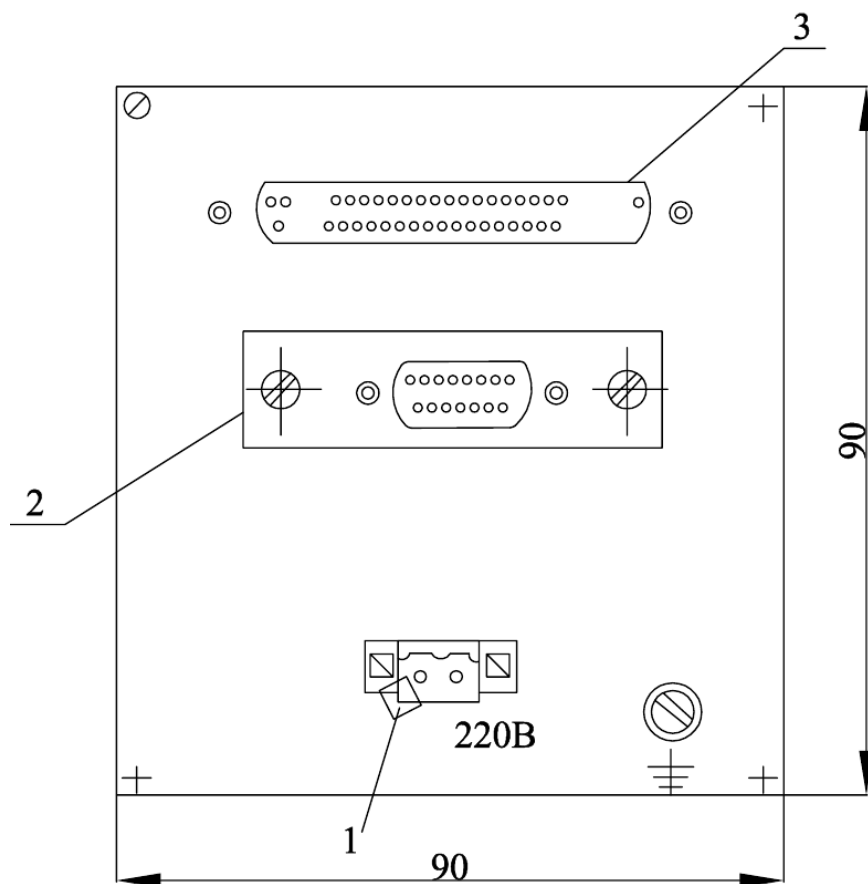


Рис.4.113. Розташування роз'ємів на задній стінці МІК-51: 1 – роз'єм двоканальний для підключення живлення; 2 – роз'єм DB-25M для підключення кіл плат розширення, до яких відносяться аналогові і дискретні виходи, дискретні входи, кола живлення дискретних і аналогових виходів; 3 – роз'єм DB-37M для підключення кіл аналогових входів-виходів, дискретних входів-виходів, кіл живлення дискретних виходів та інтерфейсу.

Клемно-блокові з'єднувачі призначені для монтажу на рельс DIN35×7,5 EN50022. Схема підключень МІК-51 залежить від модифікації КБЗ. Підключення аналогових входів здійснюється за допомогою КБЗ-29Р-01, КБЗ-29К-01, КБЗ-29С-01, КБЗ-29-01. На рис.4.114 представлена схема підключення аналогових входів за допомогою КБЗ-29Р-01, КБЗ-29К-01 і КБЗ-29С-01, у якій кожний вхід гальванічно ізольований від інших входів та інших кіл PLC.

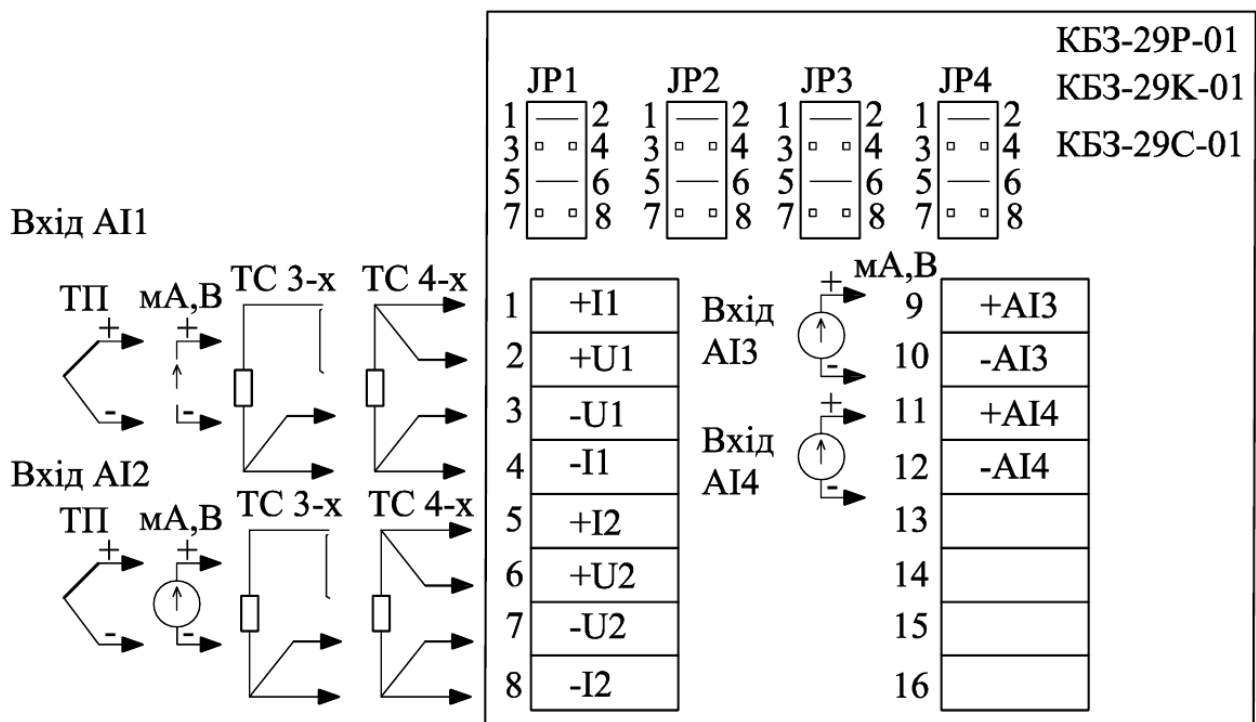


Рис.4.114. Схема підключення аналогових входів до KBZ-29P-01 (KBZ-29K-01, KBZ-29C-01) датчиків з вихідними сигналами (постійного струму чи напруги), термопар (ТП) та термометрів опору (ТС) за 3-ч чи 4-х провідною схемою: JP1÷JP4 – перемички для налаштування аналогових входів AI1÷AI4.

Перетворення уніфікованих сигналів постійного струму або сигналів постійної напруги здійснюється за допомогою нормуючих резисторів, що входять до комплекту KBZ. При цьому вибір сигналу 0÷20 мА чи 4÷20 мА здійснюється програмно за допомогою функціонального блоку аналогового вводу, а входи AI3 і AI4 розраховані для підключення тільки уніфікованих аналогових сигналів. Положення перемичок для налаштування входів AI1÷AI4 повинно відповідати положенню перемичок на аналогову вході на платі процесора, які наводяться в інструкції на прилад, та відповідати номеру властивості функціонального блоку аналогового вводу, що відповідає за тип вхідного сигналу.

Підключення дискретних входів від датчиків здійснюється також з використанням вищенаведених моделей KBZ, що ілюструється

схемою, наведеній на рис.4.115. Забезпечення вихідних аналогових та дискретних сигналів у системах регулювання здійснюється згідно схем підключень, представлених на рис.4.116-4.119.

Дискретні виходи у цих КБЗ мають різне виконання: звичайне релейне (КБЗ-29Р-01), твердотільне реле (КБЗ-29К-01) і оптимісторне (КБЗ-29С-01). У звичайному релейному дискретному виході логічному «нулю» відповідає розімкнений стан контактів, що показано на рис.4.116, а логічній «одиниці» – замкнений стан вихідних контактів реле (СР і НО).

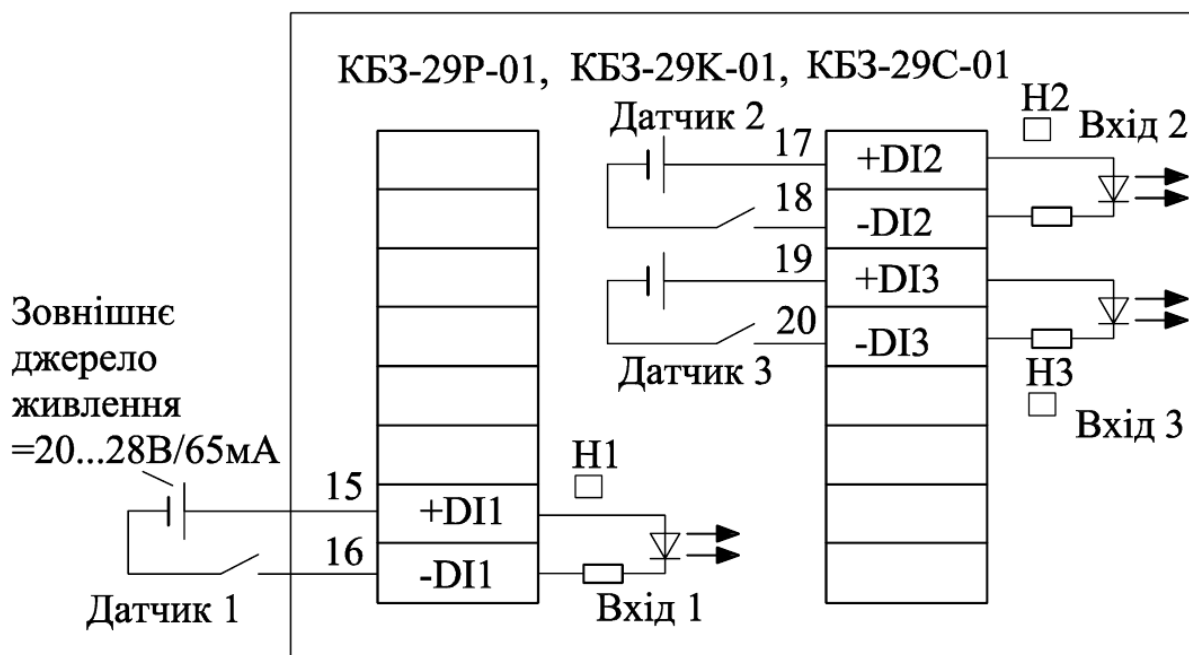


Рис.4.115. Підключення дискретних входів за допомогою КБЗ-29Р-01 (КБЗ-29К-01, КБЗ-29С-01): Н1, Н2, Н3 – індикатори стану відповідного входу, який світиться, якщо на дискретний вхід подається напруга 24В постійного струму.

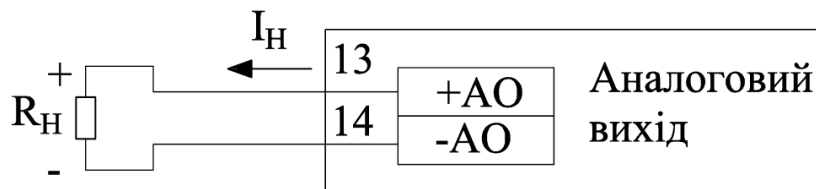


Рис.4.116. Підключення аналогового виходу за допомогою КБЗ-29Р-01 (КБЗ-29К-01, КБЗ-29С-01): I_H – вихідний струм аналогового виходу; R_H – навантаження.

Для твердотілого реле логічному «нулю» відповідає розімкнене положення контактів, як це показано на рис.4.119, а логічній «одиниці» – замкнене положення вихідних контактів реле (СР і НО).

Дискретний вихід у вигляді оптосимісторів із умонтованим детектором нульової напруги фази відповідає логічному «нулю» у закритому стані симістору, а логічній «одиниці» – у відкритому стані. В усіх схемах пара дискретних виходів може забезпечити один імпульсний вихід «більше-менше», а кожний вихід гальванічно ізольований від інших дискретних виходів та інших кіл контролю.

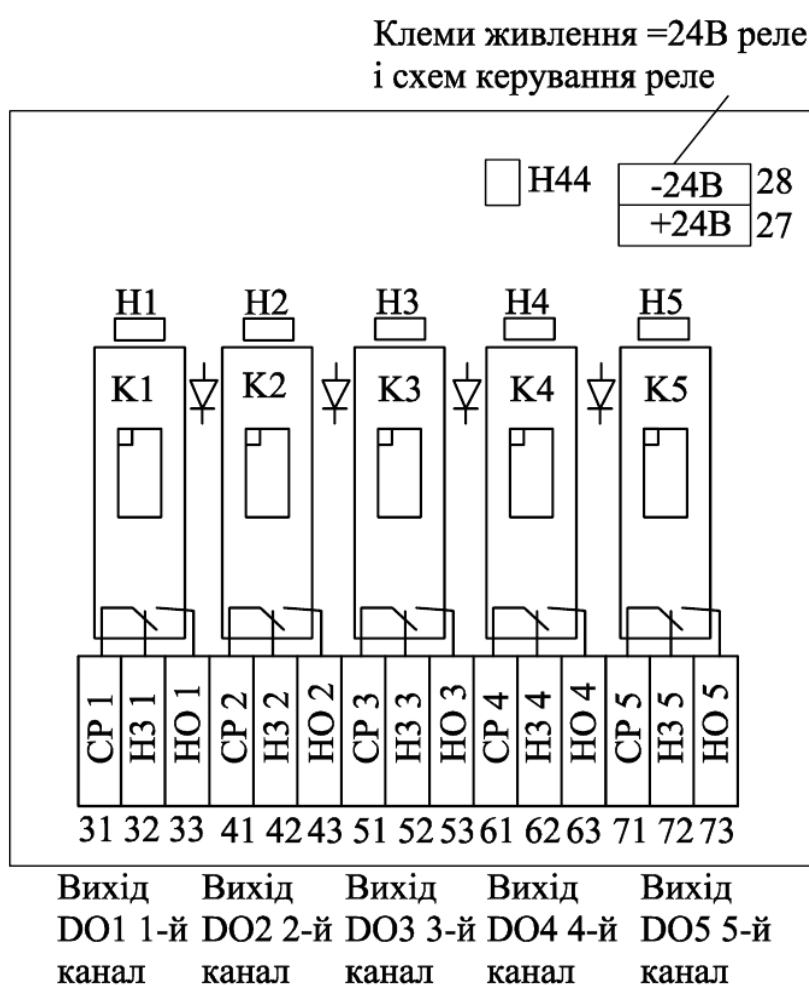


Рис.4.117. Підключення дискретних виходів з використанням KB3-29P-01: N1÷N5 – індикатори вмикання реле відповідного каналу; K1÷K5 – вихідні реле, що споживають до 100 мА за максимальної напруги від зовнішнього джерела постійного струму 24В відповідного каналу; H44 – індикатор подачі напруги живлення 24В постійного струму.

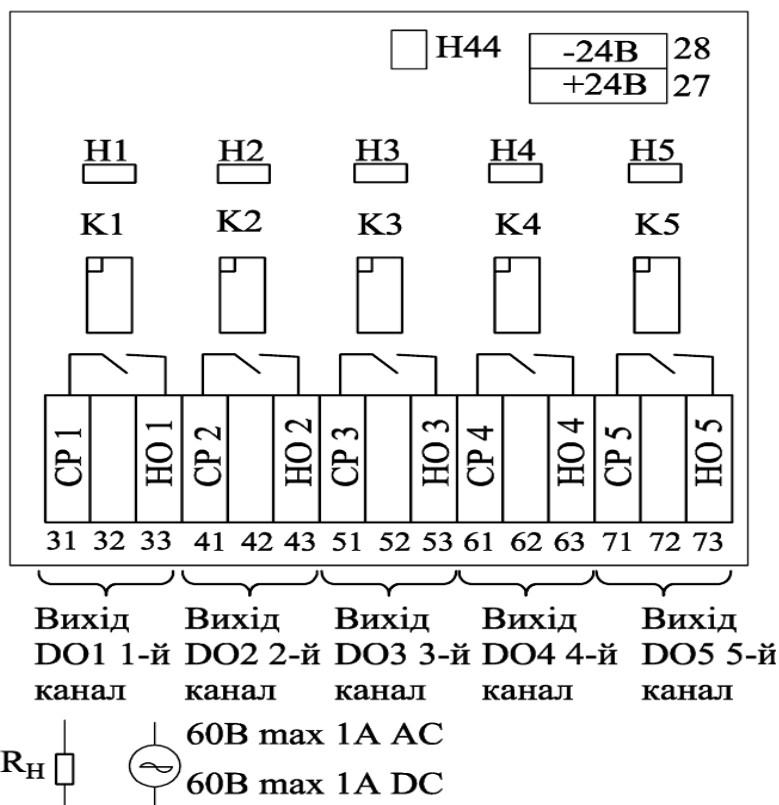


Рис.4.118. Підключення дискретних виходів за допомогою КБЗ-29К–01 (основні позначення відповідають рис.4.117): R_H – навантаження.

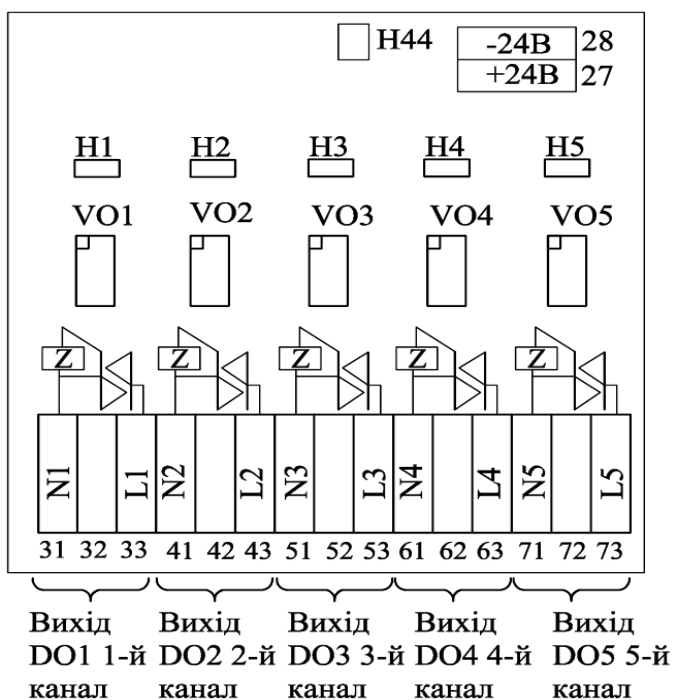


Рис.4.119. Підключення дискретних виходів з використанням КБЗ-29С–01 (основні позначення відповідають рис.4.117): $V01 \div V05$ – вихідний оптосимістор відповідного каналу.

Підключення інтерфейсу із застосуванням КБЗ представлено на рис.4.120, за якого контролери можуть бути об'єднані у локальну чи розподілену керуючу мережу.

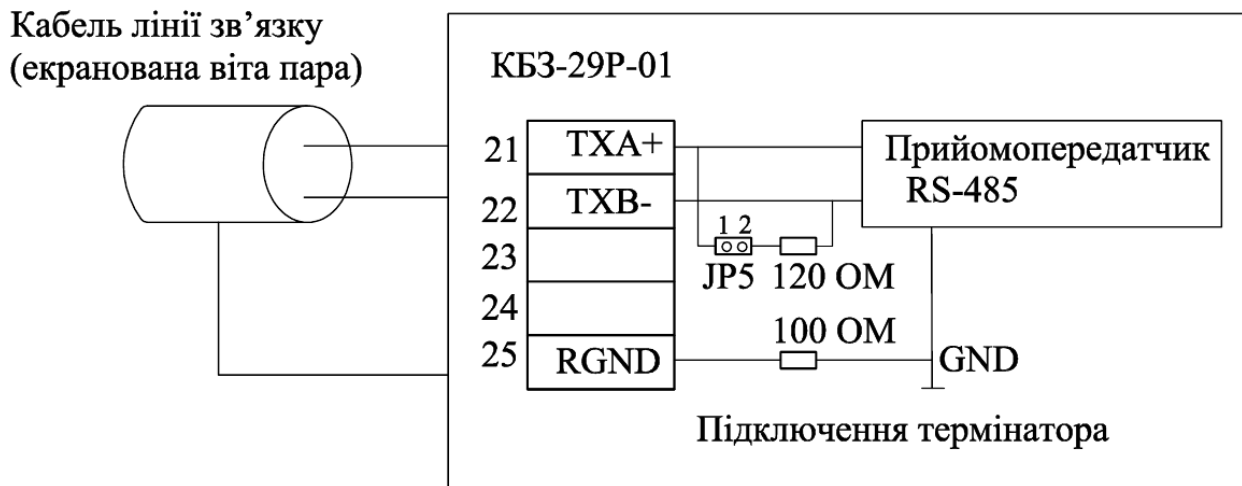


Рис.4.120. Схема підключення інтерфейсу за допомогою КБЗ-29Р-01 (КБЗ-29К-01 КБЗ-29С-01).

Модулі розширення забезпечують у базовій моделі контролера збільшення кількості входів-виходів, підключення яких до зовнішніх кіл здійснюється за допомогою клемно-блокових з'єднувачів. Комплектація моделей контролера з модулями розширення тим чи іншим КБЗ наведена у табл.4.53. Входи і виходи за такого з'єднання МР і КБЗ гальванічно ізольовані від інших дискретних входів (виходів) та інших кіл контролера. Нижче розглянуті схеми зовнішніх підключень лише для окремих моделей МК-51, Підключення зовнішніх кіл модуля розширення МР-51-02 за допомогою КБЗ-24-10 і КБЗ-28 РС(С,К)-12 представлено на рис.4.121 і 4.122.

Згідно схеми на рис.4.121 один з додаткових входів модуля розширення (DI4) має апаратний лічильник дискретних імпульсів. Для живлення дискретних входів (датчиків) і виходів (навантажень, $R_{\text{НАВ}}$) застосовується зовнішня нестабілізована напруга 24В постійного струму.

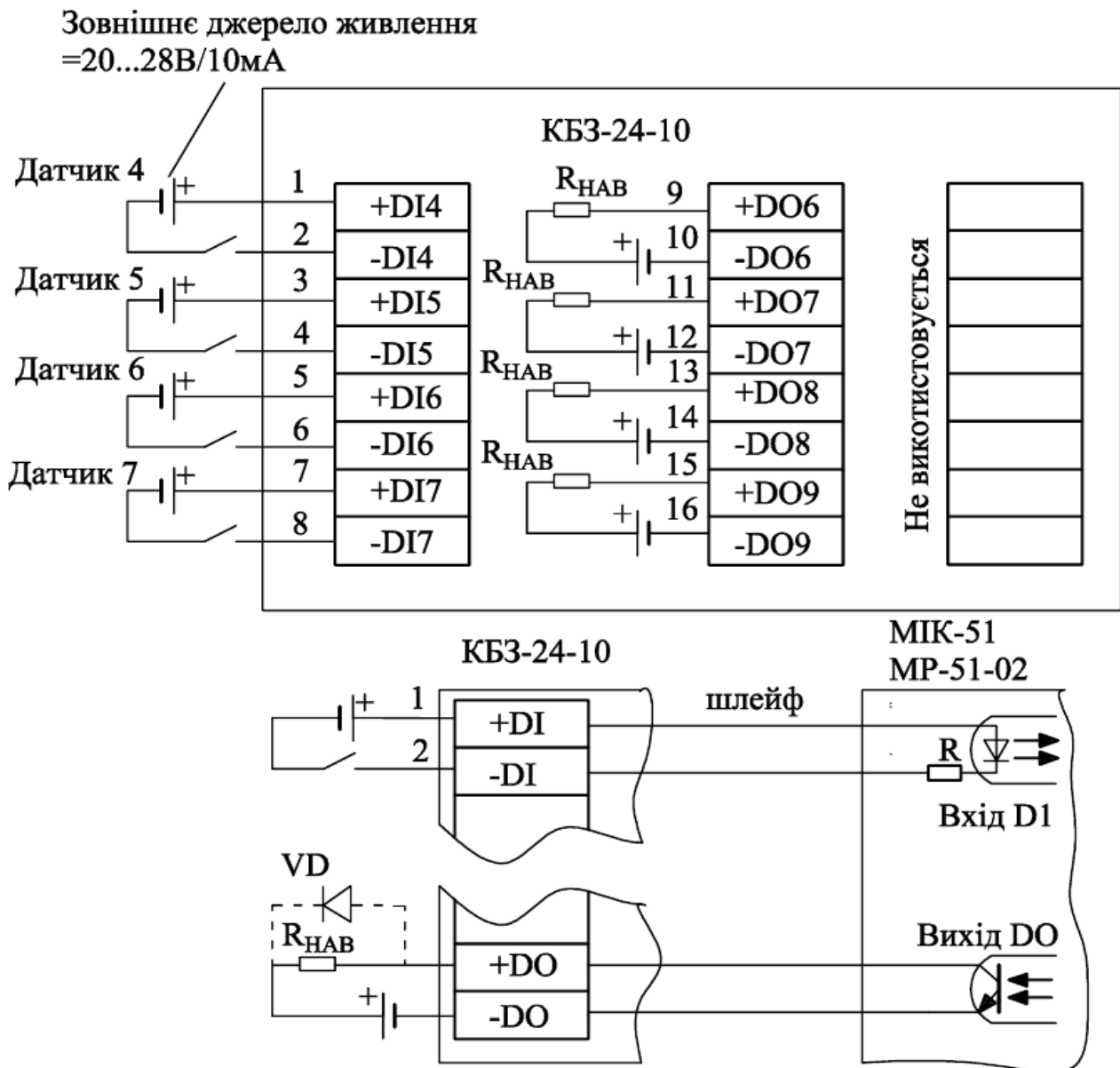


Рис.4.121. Підключення сигналів MP-51-02 за допомогою КБЗ-24-10: VD – блокуючий діод, розрахований на зворотну напругу 100В і прямий струм до 0,5А, що встановлюється у разі підключення індуктивного навантаження (реле, магнітний пускач, контактори, соленоїди) до дискретних транзисторних виходів контролера; DI, DO – відповідно дискретний вхід і вихід.

Якщо необхідно застосування керуючих сигналів у вигляді механічного реле (Р), оптосимістору (С) чи твердотільного реле (К) використовується КБЗ-28Р(С,К)-12, підключення якого до модуля MP-51-02 виконується згідно схеми на рис.4.122.

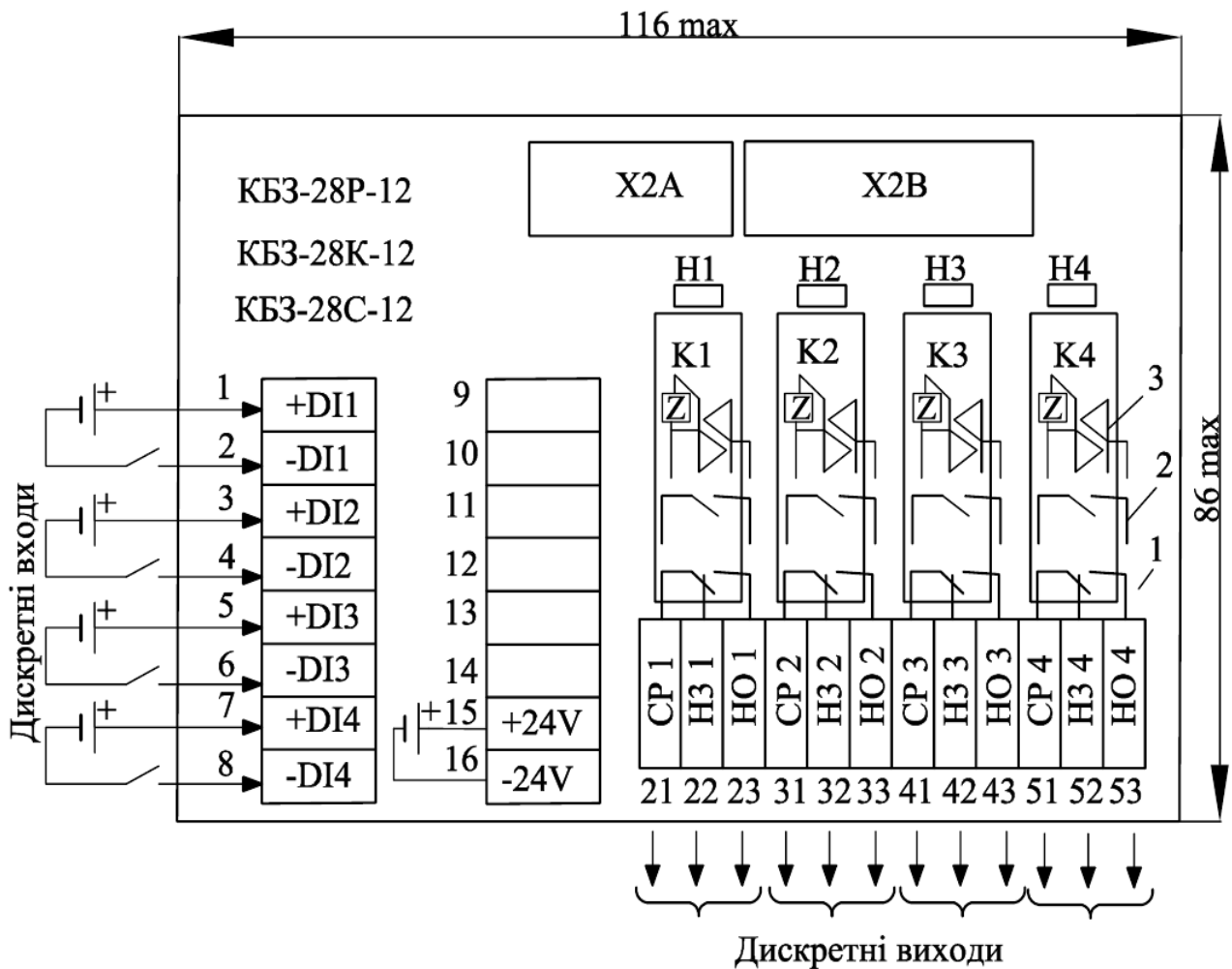


Рис.4.122. Підключення КБЗ-30P(C,K)-12 до модуля МР-51-02: 1 – механічне реле; 2 – твердотільне реле; 3 – оптосимістор; Н1÷Н4 – індикатори вмикання вихідного пристрою; К1÷К4 – відповідні реле; Х2А, Х2В – підключення стрічкового кабелю.

Підключення зовнішніх кіл до модуля МР-51-06 за допомогою КБЗ-24-10 і КБЗ-30P(C,K)-12 наведено на рис.4.123 та 4.124.

Згідно схеми, представленої на рис.4.123 для настроювання аналогового виходу на той чи інший уніфікований сигнал струму чи напруги необхідно забезпечити певне положення перемичок на модулі МР-51-06, що наводяться в інструкції. При цьому живлення аналогового виходу здійснюється стабілізованою напругою 24В постійного струму. Слід відзначити, що у КБЗ-30С-12 і КБЗ-30К-12 нормально замкнені контакти відсутні.

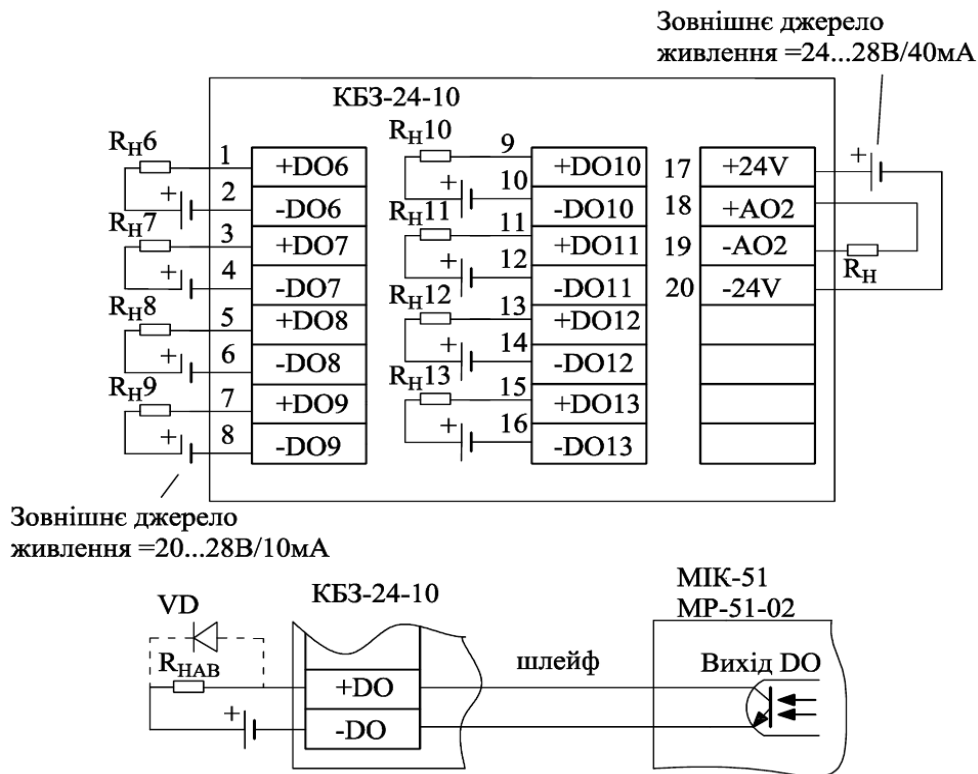


Рис.4.123. Підключення сигналів модуля МР-51-06 за допомогою КБЗ-24-10: DO, АО – відповідно дискретний і аналоговий вихід; VD – блокуючий діод; R_H – навантаження аналогового виходу.

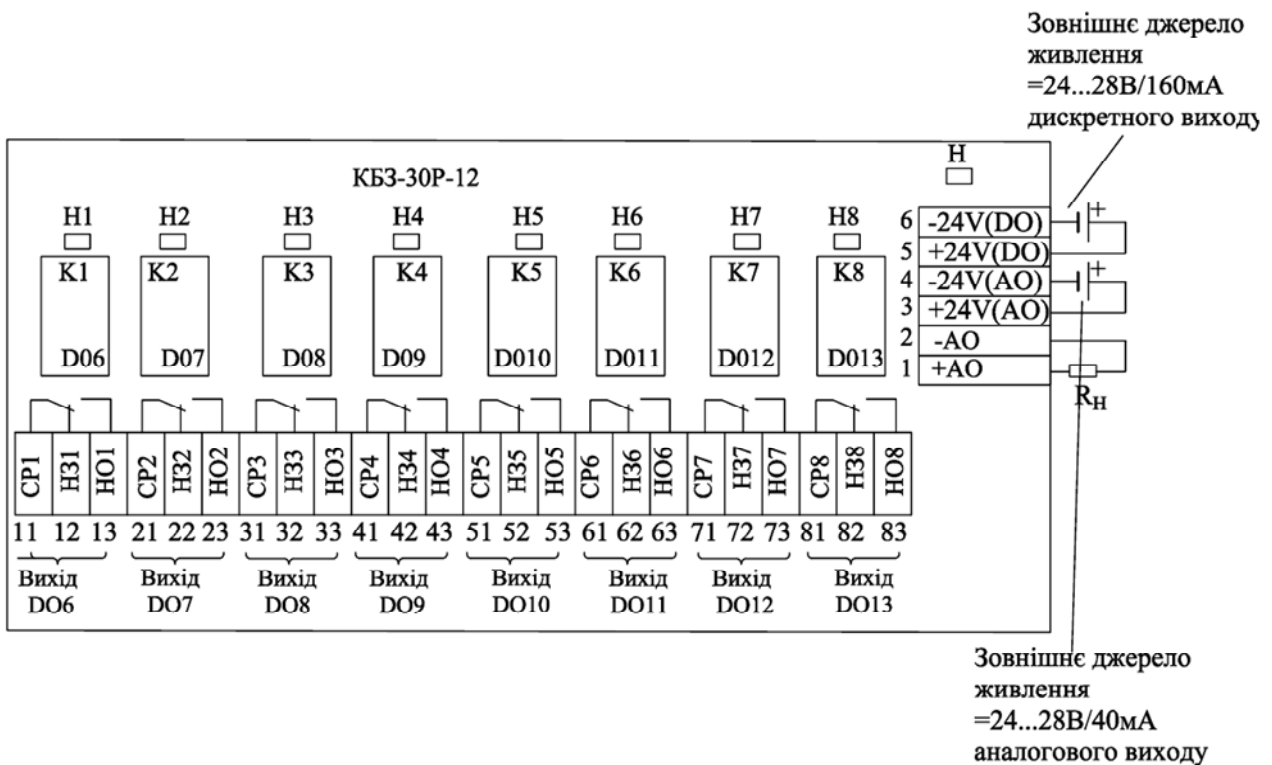


Рис.4.124. Підключення сигналів модуля МР-51-06 за допомогою КБЗ-30P-12: Н1÷Н8 – індикатори вмикання реле; Н – індикатор наявності живлення; К1÷К8 – реле; R_H – навантаження аналогового виходу.

Мережна архітектура на фізичному рівні має багатоточкову конфігурацію з шинною топологією та ідентична мікропроцесорним регуляторам серії МК. Обмін інформацією за протоколом ModBus RTU між PLC здійснюється на рівні сигналів і параметрів функціональних блоків з бібліотеки. Ініціалізацію обміну інформацією між PLC виконує майстер-пристрій мережі, у якості якого може бути РС або інший PLC, надсилаючи спеціальну команду про початок мережного обміну. При цьому як це прийнято у мережі з організацією «master-slave» РС (чи інший PLC), що є диспетчером мережного обміну проводить організацію і контроль над обміном по мережі. Однак PLC-диспетчер повинен використовувати функціональний блок LAN_SV(1).

Обмін інформацією між PLC через мережний зв'язок (магістральний) здійснюється на рівні функціональних блоків, який має низку наступних особливостей:

- безпосередньо зв'язувати функціональні блоки через мережу неможна, а слід використовувати два спеціальних функціональних блоки, тобто блок інтерфейсного виводу LAN_OUT(04) і блок інтерфейсного вводу LAN_IN(03);

- якщо вихідні сигнали будь-яких функціональних блоків повинні передаватися в інші PLC, то відповідні виходи функціональних блоків за стандартною процедурою конфігурування з'єднуються з входами функціонального блоку інтерфейсного виводу LAN_OUT(04);

- якщо будь-які функціональні блоки одного PLC повинні приймати сигнали від іншого PLC, то їх входи за стандартною конфігурацією з'єднуються з входами блоку інтерфейсного вводу LAN_IN(03);

- один функціональний блок інтерфейсного вводу LAN_IN(03) організує зв'язок тільки з одним блоком інтерфейсного виводу LAN_OUT(04) іншого PLC, але якщо цьому PLC необхідно зв'язатися з декількома PLC, то в ньому необхідно запрограмувати декілька функціональних блоків вводу LAN_IN(03);

- у функціональному блоці інтерфейсного вводу LAN_IN(03) встановлюється мережна адреса PLC-джерела, тобто того PLC, від якого будуть отримані дані;

- у кожному PLC може встановлюватись будь-яка кількість функціональних блоків вводу-виводу, а кожний PLC може надсилати у мережу довільну кількість сигналів.

У якості приладу на рис.4.125 показаний зв'язок двох PLC з мережними адресами 05 і 11.

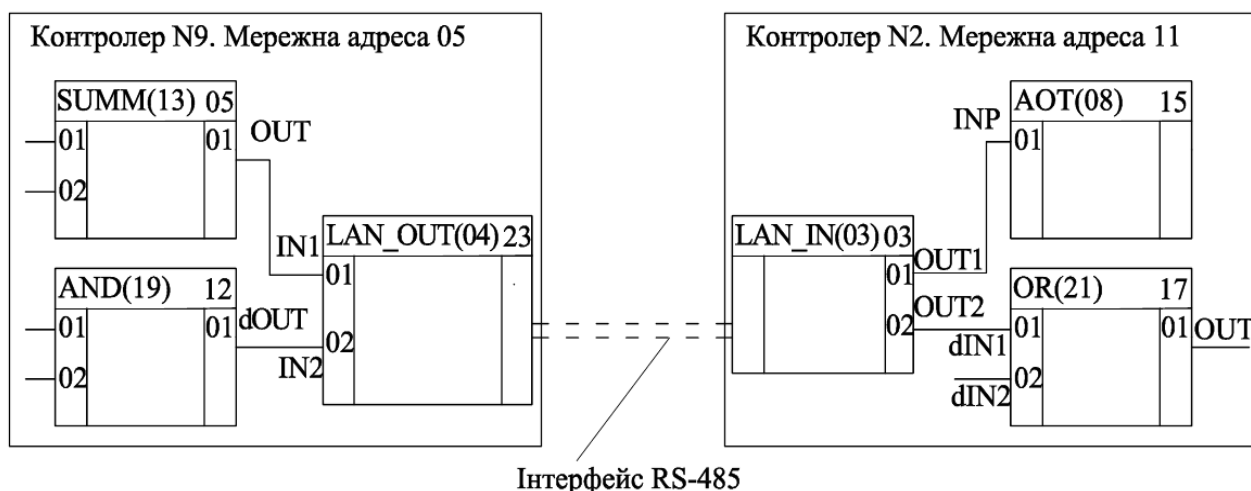


Рис.4.125. Схема конфігурації двох PLC через функціональні блоки інтерфейсного вводу-виводу.

За конфігурацією згідно рис. 4.125 вхід 01 блоку аналогового виходу 15-AOT(08) PLC N2 через мережу підключений до виходу 01 блоку підсумовування 05-SUMM(13)-02 PLC N9, а вхід 01 блоку логічного контролеру АБО 17-OR(21) PLC N2 через мережу підключений до виходу 01 блоку логічного І 12-AND(19) PLC N9.

Обмін інформацією між PC і PLC через мережний з'язок входів-виходів функціональних блоків (радіальний) може відбуватись як на рівні входів-виходів функціональних блоків, так і на рівні програмованих регістрів-параметрів функціональних блоків. За першим варіантом необхідно указувати номер блоку, а за другим – номер регістру. При цьому PC надсилає PLC запит чи команду та отримує від PLC відповідно відповідь або підтвердження. Запит надсилається PC

у разі необхідності отримати від PLC (функціонального блоку) яку-небудь інформацію. Отримавши запит PLC готує потрібну інформацію і передає її PC у вигляді відповіді. Команда надсилається PC у разі необхідності змінити параметри налаштування блоку. За цією командою PLC її виконує і передає PC на підтвердження. Розглянута схема взаємодії наочно ілюструється рис.4.126.



Рис.4.126. Схема взаємодії повідомлень у разі зв'язку PLC з PC.

За такого зв'язку PC може виконувати такі самі функції оперативного керування, що і оператор, працюючий з лицьовою панеллю PLC.

Комбінований спосіб (радіально-магістральний) організації обміну інформацією по мережі між PC і PLC забезпечує усі переваги перших двох, що надає можливість зробити доступною інформацію під час сеансу обміну між PLC одразу декільком абонентам мережі як PC, так і одному чи декільком PLC. При цьому скорочується час доступу до даних і період обміну по мережі.

Режими роботи контролера, а саме захисту, оперативного керування та програмування і налаштування обираються за допомогою клавіш лицьової панелі, загальний вигляд якої представлено на рис.4.127.

При цьому програмування і настроювання може здійснюватися і по інтерфейсу з використанням програмного забезпечення візуального редактора в FBD-програми АЛЬФА .



Рис.4.127. Лицьова панель МІК-51 у режимах оперативного керування контурами регулювання програмним задавачем: 1 – номер контуру регулювання (номер програмного задавача); 2 – індикатори режимів керування контурами; 3 – вмикання ключа «більше» імпульсного регулятора; 4 – значення вихідного сигналу регулятора (номер кроку що виконується, програмного задавача); 5 – вмикання ключа «менше» імпульсного регулятора; 6 – індикатори режимів керування програмним задавачем; 7 – поточне значення параметру регулювання (поточне значення на виході ОУТ функціонального блоку програмного задавача); 8 – поточне значення заданої точки (час виконання кроку програмного задавача); 9 – індикатор Рег панелі регуляторів; 10 – індикатор Прг панелі програмних задавачів; 11 – клавіші для реалізації адаптивного керування.

Оперативне керування контурами регулювання і програмним задавачем (режим РОБОТА) здійснюється за вибіркоким принципом:

обирається номер контуру і для нього контролюються та змінюються режими, параметри і сигнали або контролюються та змінюються номери кроків програмного задавача. При цьому контроль помилок відбувається для всього контролера в цілому.

Якщо обрана панель індикації регуляторів (світиться індикатор РЕГ), то вибір режимів керування контурами (РУ – ручний, ЛУ – локальний, КУ – каскадний) здійснюється натисканням клавіші [P/A] з подальшим натисканням клавіші [↵], що забезпечує підтвердження обраного режиму, а отже і захист від випадкових перемикачів в усіх випадках оперативного керування. Перехід з режиму РУ у режим КУ блокується і можливий лише після вибору режиму ЛУ. Натисканням одного разу клавіші [P/A] забезпечується перехід з автоматичного режиму (ЛУ, КУ), у режим ручний за якого клавішами «більше» чи «менше» можна безпосередньо здійснювати керування виконавчим пристроєм. Для переходу з режиму РУ у ЛУ або з режиму РУ у КУ клавіша [P/A] натискається відповідно два чи три рази з наступним підтвердженням клавішею [↵]. Задана точка (величина завдання) може бути як внутрішньою так і зовнішньою. Перша може змінюватися з лицьової панелі шляхом натискання клавіші [ЗАВД] з подальшим встановленням необхідного значення за допомогою клавіш [Δ] – «більше» або [∇] – «менше» при безумовному підтвердженні клавішею [↵]. Зовнішня задана точка регулятора задається із зовнішнього аналогового входу і може формуватись іншим функціональним блоком бібліотеки. Зміна її величини з лицьової панелі неможлива.

Якщо обрана панель індикації програмного задавача (світиться індикатор ПРГ), то в контролері можна організувати до 9-ти програмних задавачів. Про стан функціонування контуру з програмним задавачем вказують три світлодіодних індикатори: [▷] – режим «РОБОТА»; [⏸] – режим «пауза»; [●] – режим «СТОП». Режим функціонування програмного задавача є станом із запам'ятовуванням. Після вмикання живлення контролер залишається у тому режимі і на

тому кроці, в якому він перебував на момент відключення. Вибір режиму здійснюється натисканням клавіші [P/A] з подальшим підтвердженням клавішею [↵]. Для зміни кроку програмного задавача обирається режим “робота”, натискається клавіша [ЗАВД] для зміни номера кроку, після чого дисплей 4 (вихід) почне блимати. Що свідчить про можливість за допомогою клавіш 3 і 5 встановлювати потрібний крок, що відображається на дисплеї 4.

В контролері можна організувати шляхом оперативного керування до 9-ти панелей індикації, що забезпечується функціональним блоком бібліотеки USER(63) – панель користувача. Проведення оперативного керування параметрами здійснюється у режимі контролера «РОБОТА» (індикатор РБ). Також повинен бути отриманий номер панелі індикації (1-9) – світиться індикатор Інд. На відміну від позначень на рис.4.127 однорозрядний дисплей «№» буде вказувати номер панелі індикації, з яким працює оператор, а чотирьохрозрядні дисплеї «параметр», «завдання» та трьохрозрядний дисплей «вихід» будуть показувати відповідно поточне значення зв'язаних параметрів, які подаються на властивості №9, №10 та №11 функціонального блоку USER. Для зміни номера кроку програмного задавача (номеру панелі) необхідно натиснути клавішу [Завд], після чого почне блимати дисплей «завдання». Далі клавішами «більше» [Δ] чи «менше» [∇] встановлюється потрібний вихід Numego з підтвердженням виконаної дії. Слід відзначити, що окрім вище перелічених режимів контролер дозволяє проводити оперативне керування панелями індикації входів, виходів, редагування параметрів функціональних блоків та контролю помилок.

Програмування, настроювання і контроль здійснюється також за допомогою клавіш та індикаторів лицьової панелі, позначення та призначення яких у цьому режимі наведено на рис 4.128 і у табл 4.53. При цьому режимі «програмування» (світиться індикатор ПР) функціональні блоки не виконуються і в контролері припустимо змі-

нювати усі запрограмовані параметри, блоки, конфігурацію кома константи і таке інше.

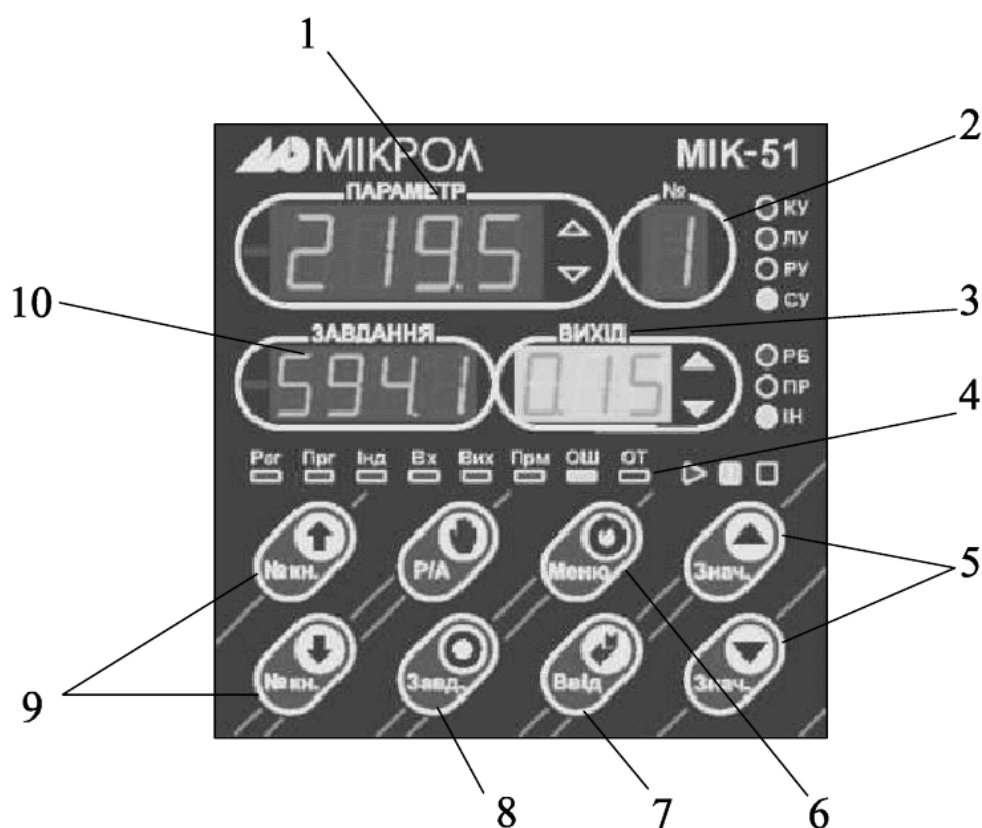


Рис 4.128. Лицьова панель МІК-51 у режимі програмування: 1 – дисплей для індикації двох параметрів №1 і №2 відповідного рівня програмування; 2 – номер рівня програмування; 3 – дисплей «вихід» для індикації параметру №4 відповідного рівня програмування; 4 – індикатори наявності відмов (ОТ) і помилок (ОШ); 5 – клавіши зміни значень параметрів; 6 –клавіша відміни виконаних дій; 7 – клавіша підтвердження виконання дії; 8 – клавіша на забезпечення інверсії вхідного сигналу при конфігуруванні зв'язків на третьому рівні програмування; 9 – клавіши зміни рівня програмування; 10 – дисплей «завдання» для індикації параметру №3 відповідного рівня програмування.




Технологічне програмування має 8 рівнів:

1 – настроювання кількості функціональних блоків (параметр N1), контурів регулювання (параметр N2), програмних задавачів (параметр N3) та панелей користувача (параметр N 4); 2 – програмування

номеру функціонального блоку у програмі користувача (параметр N1), типу блоку згідно бібліотеки (параметр N2), базової адреси параметрів (параметр N3) і модифікатору кількості входів чи/і параметрів (параметр 4); 3 – програмування зв'язків функціональних блоків у програмі користувача, а саме номеру блоку (параметр N1), номеру входу (параметр N2), номеру блоку (параметр N3) і номеру виходу (параметр 4); 4 – настроювання параметрів функціональних блоків, а саме номеру блоку (параметр N1), номеру параметра (параметр N2), значення параметра (параметр N3) і коду дозволу зміни параметра у режимі робота (параметр 4); 5 тестування і калібрування входів виходів, тобто тесту аналогових чи дискретних входів-виходів, автоматичного калібрування аналогових входів або ручного калібрування початку і кінця шкали аналогових входів-виходів, калібрування таймеру реального часу (параметр N1), калібрування номеру входу чи виходу, а для таймеру часу (с, хвил., год., тижні, місяці, роки – параметр N2), значень входів чи виходів (параметр N3), коду дозволу збереження параметрів (параметр 4); 6 – настроювання системних параметрів контролера, параметрів мережного обміну, ресурсу системи, системних помилок (параметр N1), версії програмного забезпечення, коду моделі модуля розширення, швидкості мережного обміну, протоколу обміну, вільної пам'яті програм і вихідних регістрів, номеру помилки, тайм-ауту кадру запиту у системних тактах (параметр N2), коду моделі контролера, його номеру версії, типу помилки, кількості записів у байтах та інше (параметр N3), коду помилки та коду дозволу збереження параметрів (параметр N4); 7 – контроль відмов при програмуванні можна переглянути, якщо перейти до лицьової панелі відмов і помилок при функціонуванні контролера у режимі «робота», де буде виявлено на дисплеях номер відмови (параметр N1), тип чи код відмови (параметр N2), додаткову службову інформацію (параметри N3 і N4); 8 – збереження програми користувача і параметрів настроювання в енергонезалежній пам'яті, за якого забезпечується індикація заданої кількості блоків (параметр N1), кількості задіяних блоків (параметр N2), здійсненого запису в енер-

гонезалежну пам'ять (параметр N3) та коду дозволу збереження параметрів у режимі «робота» (параметр N 4).

Таблиця 4.53. Призначення клавіш лицьової панелі у режимі програмування

Позначення клавіш або комбінації клавіш	Призначення клавіш
Комбінація клавіш [] Меню + [Nкн↓]	Перехід у режим програмування що підтверджує горіння індикатору ПР.
Комбінація клавіш [] Меню + [Nкн↑]	Перехід у режим «РОБОТА», після чого гасне індикатор ПР і висвічується індикатор РБ.
[] Меню	У режимі програмування ця клавіша виконує функцію відміни виконаних дій чи операцій. Натискання цієї клавіші скидає викликані параметри, залишаючи на дисплеї лише перший параметр. Якщо ця клавіша натискається до останнього натискання клавіші ввід [↵], то встановлені параметри до пам'яті не будуть введенні.
[↵] Ввід	Ця клавіша має подвійне призначення. Використовується як для вибору потрібного параметра, так і для вводу встановлених параметрів у пам'ять. У кожній операції по програмуванню, налаштуванню і контролю використовуються декілька параметрів. Виклик цих параметрів на дисплей здійснюється послідовно, тобто при кожному натисканні клавіш ввід [↵] на відповідний дисплей викликається черговий параметр, що приймає участь у даній операції. Цей параметр за необхідності можна змінювати кла-

	вішами [Δ] чи [∇].
[N _{кн} ↑]	Використовується для зміни номеру рівня меню у бік збільшення.
[N _{кн} ↓]	Використовується для зміни номеру рівня меню у бік зменшення.
[Завд.]	Застосовується для інверсії вхідного сигналу при конфігуруванні на рівні 3.
[Δ] Знач.	Клавіша «більше», при кожному натисканні якої відбувається збільшення значення параметру. У разі утримання цієї клавіші в натиснутому стані збільшення значення відбувається безперервно і з прискоренням.
[∇] Знач.	Клавіша «менше», при кожному натисканні якої відбувається зменшення значення параметру. Утримання у натиснутому стані ідентично попередній клавіші

Виклик режиму «програмування» захищений паролем. Після переходу в цей режим на дисплей «параметр» виводяться символи «PASS»-увод паролю, а на дисплей «завдання» виводиться існуюче значення паролю – «0000». За допомогою клавіші [Δ] ввести пароль, наприклад «0002» та короткочасно натиснути клавішу підтвердження. Якщо пароль невірний то контролер перейде у режим «РОБОТА».

Бібліотека функціональних блоків дозволяє розв'язувати доволі складні задачі автоматичного регулювання і логіко-програмного керування. Вона має шість версій, які відповідають тим чи іншим версіям програмного забезпечення контролера. При цьому версія N1 бібліотеки МІК-51 є базовою і містить 68 функціональних блоків. Кожна наступна бібліотека включає в себе всі функціональні блоки попередньої версії, а також нові FBD-блоки. Взагалі функціональний блок має свої входи, виходи, параметри налаштування та функціона-

льне ядро. Кожний функціональний блок можна представити у вигляді прямокутника, як це показано на рис 4.129, усередині якого наведені функції блоку. На схемах конфігурування виходи функціонального блоку з'єднуються зв'язками з іншими блоками. У підсумку за такого з'єднання утворюється програма на мові FBD. Функціональним блокам у такий програмі користувача присвоюються порядкові номери, які ідентифікують блок у системі, а також визначають черговість виконання функцій блоками у цій програмі. При цьому у кожному блоці виходи завжди розташовані зліва, а входи – праворуч.

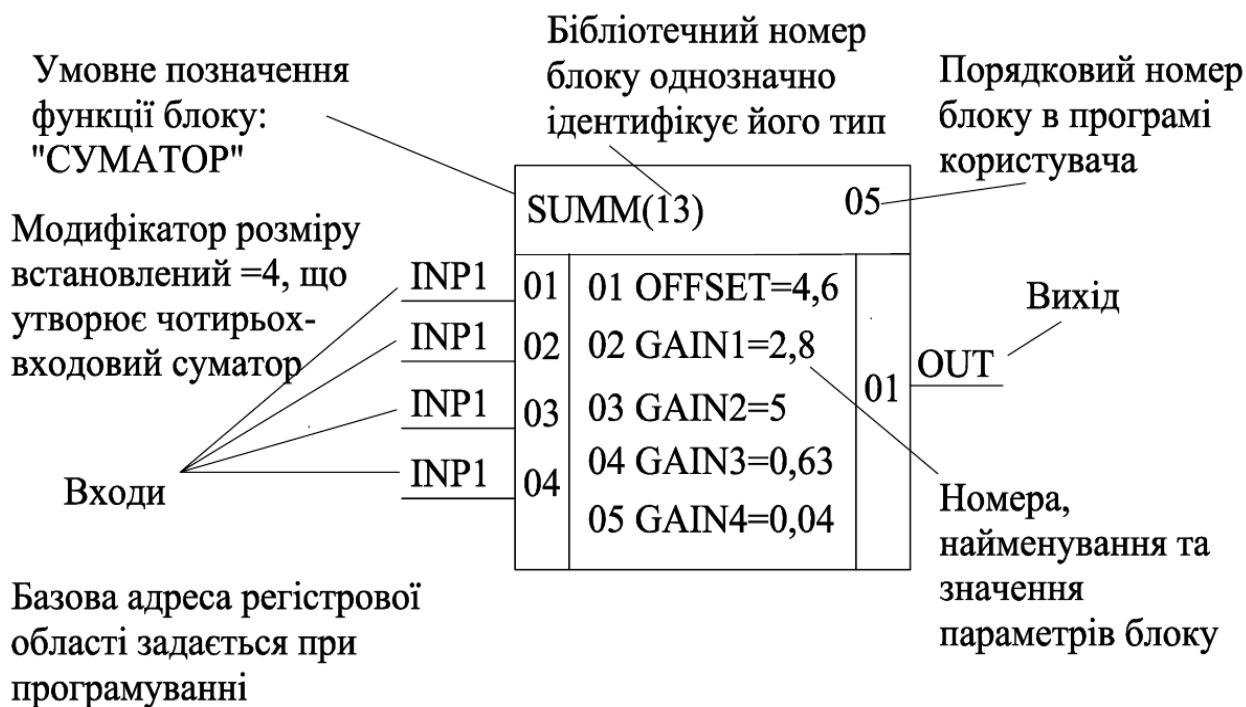


Рис.4.129. Графічне зображення функціонального блоку «суматор».

Входи блоку можуть бути сигнальними і настроюваними. На настроюваних входах задаються різні властивості, наприклад, номер вхідного сигналу, коефіцієнт підсилення, масштабований коефіцієнт, постійна часу фільтру, максимальні і мінімальні межі зміни параметрів та ін. У підсумку вихідний сигнал визначається не тільки станом сигнальних, але і настроюваних входів. Згідно рис.4.129 на вхід су-

матора надходить чотири сигнали, які далі підсумовуються з урахуванням коефіцієнтів масштабування та параметру заміщення. Таким чином на виході формується сигнал (OUT), величина якого буде визначатися наступною залежністю:

$$OUT = 2,8INP1 + 5INP2 + 0,63INP3 + 0,04INP4 + 4,6 \quad (4.19)$$

Кількість входів і виходів функціональних блоків залежить від його типу. Однак у кожному функціональному блоці не може бути більше 12 входів та 12 виходів. Окремі блоки (уводу-виводу, прийому-передачі, оперативного керування) мають неявні входи або виходи, які недоступні для конфігурування, і на графічних схемах не відображаються. При цьому, як тільки один з таких функціональних блоків використовується, то його наявні входи і виходи автоматично з'єднуються з ЦАП (ДЦП) чи ЦАП(ЦДП) відповідного каналу. Всі входи виходи і параметри блоку, мають різну нумерацію від 1 до 99. Якщо параметри блоку є зв'язаними параметрами, тобто підключені до будь-яких виходів інших блоків, то їх нумерація здійснюється із зміщенням, що дорівнює максимальному номеру входу.

У загальному випадку бібліотечний функціональний блок має три реквізити: бібліотечний номер, що відповідає номеру функції (алгоритму); базову адресу регістрової області параметрів; модифікатор розміру, що визначає додаткову функцію або кількість однотипових операцій. Бібліотечний номер становить собою двозначну десяткову цифру і є основним параметром, який характеризує властивості блоку. В бібліотеці не існує жодного функціонального блоку який би не мав номер, але в діапазоні чисел від 0 до 99 можуть бути номери, яким не відповідає жоден із існуючих типів функціональних блоків. Такі номери називаються «порожніми», тому цим номерам умовно можна поставити у відповідність поняття «порожнього» функціонального блоку. «Порожній» функціональний блок не має входів-виходів, ніякої роботи не виконує і не впливає на роботу інших блоків, але в пам'яті займає певне місце і вимагає деякого (невелико-

го) часу на обслуговування. Модифікатор розміру, що задається на рівні N2 в режимі програмування, суттєво поширює можливості функціональних входів. Базова адреса регістрової області параметрів - це по суті номер комірки регістрової області пам'яті контролера, у якій має розміщуватися перший параметр цього функціонального блоку. Ця адреса налаштовується користувачем у режимі програмування на рівні номер 2 конфігурування функціонального блоку.

В процесі програмування функціональними блоками керуються наступними правилами: функціональним блокам присвоюються порядкові номери, які ідентифікують блок в системі, а також визначають черговість виконання функції блоками в програмі; функціональному блоку може бути присвоєно будь-який порядковий номер; в одній програмі (системі) блок одного типу можна використовувати багаторазово; не може бути вільних (не підключених) входів блоку; припустимий зв'язок входів-виходів будь якого типу, тобто перетворення типів здійснюється автоматично; сигнали на дискретних входах при необхідності можна інвертувати. Однак для деяких функціональних блоків існує обмеження на кратність їх використання у межах одного контролера, що стосується в основному блоків вводу-виводу інформації, панелі користувача, програмного задавача, ПІД-регулятора та покрокової логічної програми.

Перелік сигналів, що обробляються функціональними блоками, містить наступні види: аналоговий (параметри вимірювання, значення аналогових входів-виходів, технічні одиниці, коефіцієнт, швидкість зміни параметрів і т.ін.); дискретний, імпульсний, числовий, часовий (уставка часу, тривалість імпульсу). У таблиці 4.54 представлений набір видів сигналів мови, що використовується при реалізації функціональних блоків.

Відповідність видів сигналу, видів даних і параметрів налаштування функціональних блоків наведені у табл.4.55.

Таблиця 4.54. Види сигналів для функціональних блоків мови FBD

Найменування виду сигналів	Діапазон вимірювань*	Об'єм пам'яті, що використовується	Кількість регістрів, що використовуються
Дискретний	0 або 1	2 байти	1 регістр
Ціле стандартне	-32768...32767	2 байти	1 регістр
Ціле довге	- 2147483648...2147483 647	4 байти	2 регістри
Дійсне	$3,4 \times 10^{-38} \dots 3,4 \times 10^{38}$	4 байти	2 регістри

* - Примітка. Діапазон зміни типів даних на лицьовій панелі контролера обмежений відповідно числами від -9999 до 9999.

Таблиця 4.55. Відповідність видів даних, видів сигналів і параметрів настроювання функціональних блоків

Сигнали і параметри налаштування функціональних блоків	Розмірність	Типи даних
1. Аналоговий (вимірювані параметри, значення аналогових входів, виходів, технічні одиниці, коефіцієнт, швидкість зміни параметрів тощо).	% або технічні одиниці	Дійсний
2. Дискретний, імпульсний	0/1	Ціле стандартне
3. Числовий	-	Ціле стандартне
4. Часовий (час, тривалість імпульсу)	години, хвилини, секунди, десяткові долі секунд; для індексації 0-99г59хв (0-3599999-для зміни параметрів по мережі)	Ціле довге

Аналогові сигнали формуються на виході таких функціональних блоків, як регулятори, суматори, задатчики, інтегратори, тощо. Часові сигнали притаманні таймерам, програмним задатчикам, одно-вібраторам та подібним функціональним блокам. Мінімальний крок зміни та встановлення для часових сигналів реалізується, тільки якщо цей крок буде перевищувати час циклу 0,1с контролера. Числові сигнали – це сигнали на виході лічильника або інших функціональних блоків, робота яких пов'язана з відліком подій. Дискретні сигнали як правило обробляються логічними функціональними блоками або тими, які пов'язані з перемиканням сигналів. Взаємна відповідність різних сигналів на виходах і входах функціональних блоків представлена в таблиці. 4.56.

Таблиця 4.56. Взаємна відповідність різних видів сигналів.

Сигнал на вході блоку (приймач)	Сигнал на виході блоку (джерело)			
	Аналоговий, X,%	Часовий, T	Числовий, N	Дискретний, D
Аналоговий, X,%	$X=X$	$X=10 \cdot T$	$X=N$	$X=0$, при $D=0$ $X=1$, при $D=1$
Часовий, T	T = ціла частка X	$T=T$	$T=0, 1N$	$T=0$, при $D=0$ $T=0,1$, при $D=1$
Числовий, N	N = ціла частка	$N=10 \cdot T$	$N=N$	$N=0$, при $D=0$ $N=1$, при $D=1$
Дискретний, D	$D=1$, при $X>0$ $D=0$, при $X \leq 0$	$D=1$, при будь-якому T	$D=1$, при $N > 0$ $D=0$, при $N \leq 0$	$D=D$

Далі розглянуті тільки окремі функціональні блоки FBD- мови, які використовуються при побудові типових найпростіших схем конфігурування АСР.

Блок *NOP (00)* – порожній функціональний блок – застосовується для заповнення прогалін в нумерації функціональних блоків. Як приклад, на рис. 4.130 показаний фрагмент функціональної схеми для передачі даних на верхній рівень (SCADA-систему), згідно якої 1 і 3 функціональні блоки повинні бути з постійними номерами. Внаслідок такої необхідної нумерації утворюється прогалина з номером N2. Однак для коректної роботи контролера в ньому повинна бути задана без прогалін уся нумерація. Тому ця прогалина замінюється порожнім функціональним блоком NOP(00) з номером N2.

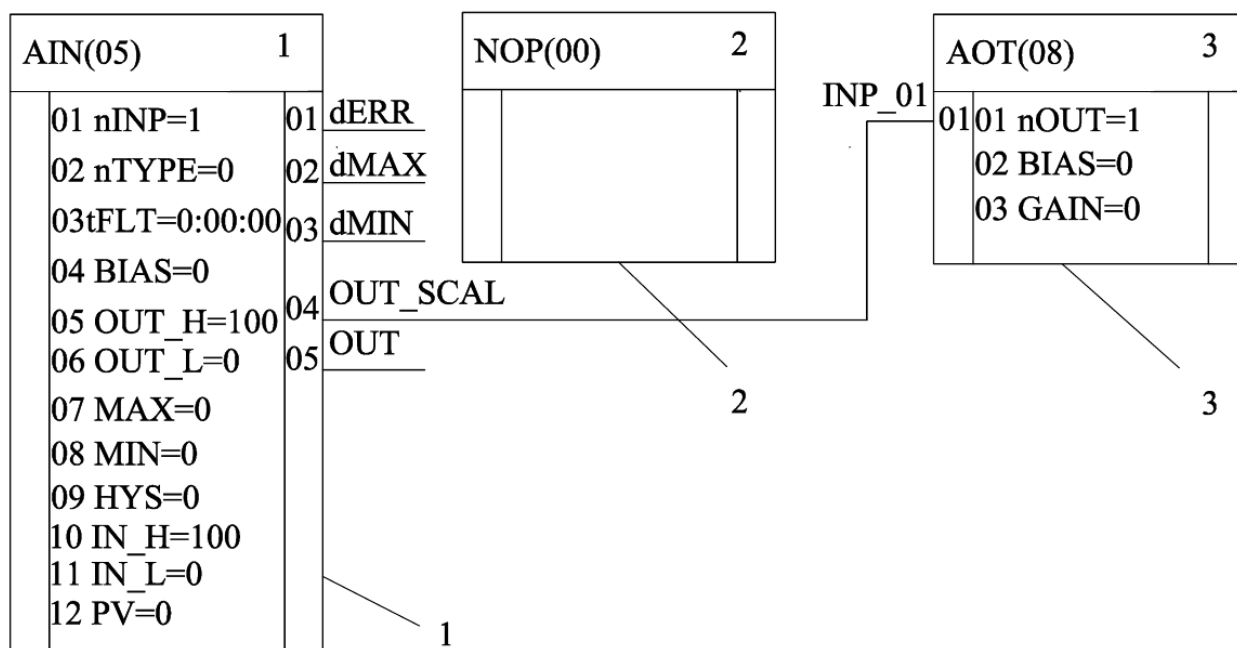


Рис.4.130. Приклад використання блоку NOP(00): 1 – блок аналогового вводу, призначений для зв’язування з апаратною частиною контролера – його аналогових вводом; 2 – порожній блок, призначений для ліквідування прогалін в нумерації; 3 – блок аналогового виводу, призначений для зв’язування з апаратною частиною контролера – його аналогових виводом.

Блок *LAN_SV(01)* – інтерфейсний супервізор (диспетчер мережі) – застосовується для організації обміну параметрами (запланова-

ними повідомленнями), які передає у мережу інший контролер за допомогою блоку LAN_OUT.

Функціональна схема блоку LAN_SV(01) наведена на рис.4.131, а позначення і призначення входів-виходів та його параметрів зведено до табл.4.57.

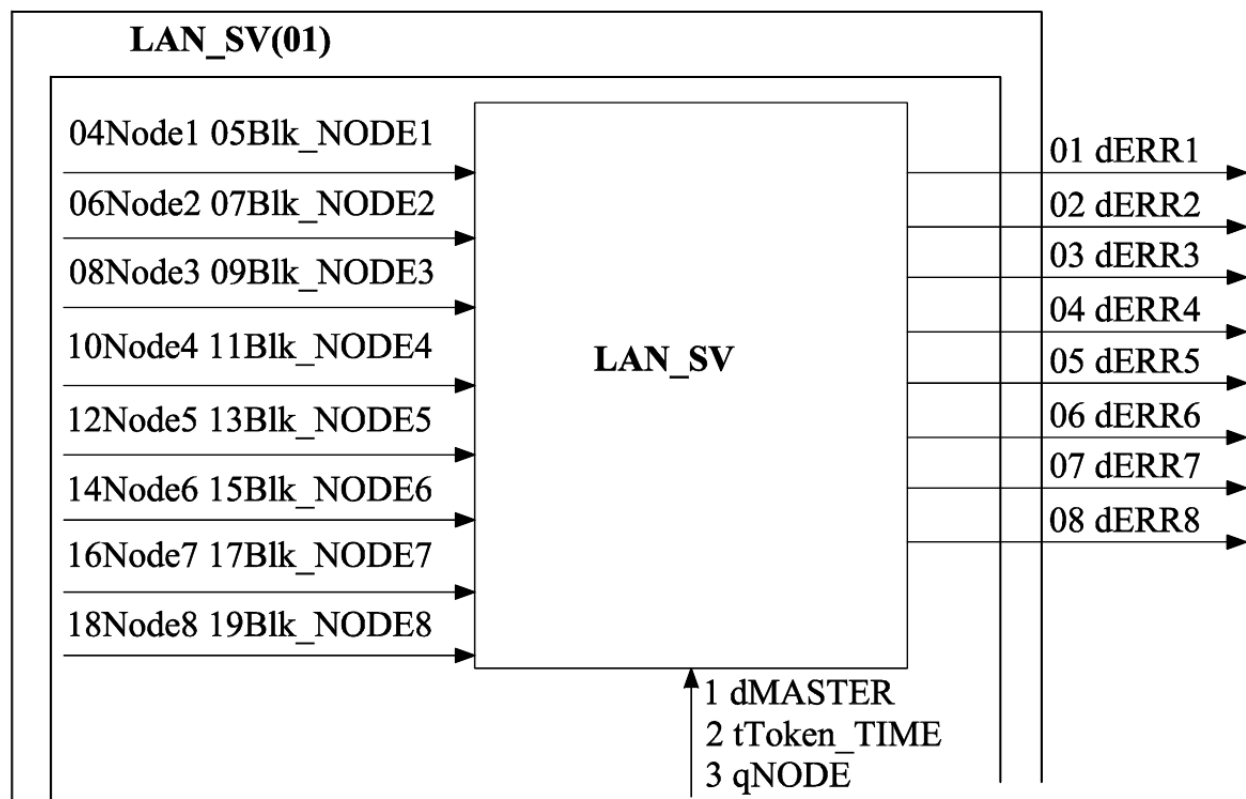


Рис.4.131. Функціональна схема блоку LAN_SV(01).

Таблиця 4.57. Позначення і призначення входів-виходів та параметрів блоку LAN_SV(01).

Входи – параметри - виходи				Призначення
N	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Параметри				
01	dMASTER	0/1	0	Дозвіл функції диспетчера мережі. Включення міжконтролерного обміну

Продовження табл.4.57.

02	tTOKEN_ TIME	Час	0	Максимальний час володіння маркером для інших пристроїв, мс
03	qNODE	1-8	0	Кількість пристроїв, що передають заплановані повідомлення
04	NODE1	1-255	0	Мережна адреса 1-го передаючого джерела (контролера з блоком LAN_OUT)
05	Blk_NOD E1	1-99	0	Порядковий номер функціонального блоку (джерела) LAN_OUT
06	NODE2	1-255	0	- // -
07	Blk_NOD E2	1-99	0	- // -
08	NODE3	1-255	0	- // -
09	Blk_NOD E3	1-99	0	- // -
10	NODE4	1-255	0	- // -
11	Blk_NOD E4	1-99	0	- // -
12	NODE5	1-255	0	- // -
13	Blk_NOD E5	1-99	0	- // -
14	NODE6	1-255	0	- // -
15	Blk_NOD E6	1-99	0	- // -
16	NODE7	1-255	0	- // -
17	Blk_NOD E7	1-99	0	- // -
18	NODE8	1-255	0	- // -

19	Blk_NOD E8	1-99	0	- // -
Виходи				
01	dErr1	0/1		Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE1
02	dErr2	1-99	0	Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE2
03	dErr3	1-255	0	Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE3
04	dErr4	1-99	0	Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE4
05	dErr5	1-255	0	Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE5
06	dErr6	1-99	0	Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE6
07	dErr7	1-255	0	Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE7
08	dErr8			Ознака відсутності зв'язку з контролером NODE8

Встановлення параметру $dMASTER = 1$ забезпечує переведення диспетчера мережі в активний стан, а отже і функцію майстра передачі даних бере на себе контролер. Цим самим буде відключене паралельне опитування іншими програмними продуктами. Диспетчер LAN_SV містить список пристроїв, за допомогою яких у мережу буде передаватися періодично інформація з блоків LAN_OUT(04). Коли для пристрою настає час передачі, диспетчер бачить повідомлення ініціації розсилки даних (функція MODBUS81). Після отримання такого повідомлення ініціації пристрій передає дані блоку LAN_OUT у мережу. Усі пристрої, які запрограмовані на прийом цих повідомлень за допомогою блоку LAN_IN будуть приймати ці дані.

Список параметрів містить адреси пристроїв (NODEn) і номер (BiK_NODEm) блоків LAN_OUT цих пристроїв, дані яких повинні періодично передаватися в мережу. Кількість пристроїв, що беруть участь у запланованому обміні повідомленнями на заданий момент, задається параметром qNODE. Іншим пристроям, які підключені до мережі, дається можливість надсилання незапланованих повідомлень в інтервалі часу між передачами запланованих повідомлень. Диспетчер також дає пристрою доступ до використання мережі, видаючи у цей пристрій повідомлення передачі маркера (функція 82). Пристрою, що прийняв маркер, дозволяється надсилати незаплановані повідомлення до тих пір, поки не сплине максимальний час володіння маркером (tTOKEN_TIME). Якщо пристрій закінчить передачу даних раніше цього часу, то існує можливість передати маркер диспетчеру раніше (функція 83), що покращує пропускну здатність мережі. На виходах dERR(n) встановлюється «1», якщо контролер з мережною адресою «n» не відповів на запит. Наочність вищеперелічених функцій диспетчера може бути проілюстровано часовою діаграмою, що наведена на рис. 4.132.

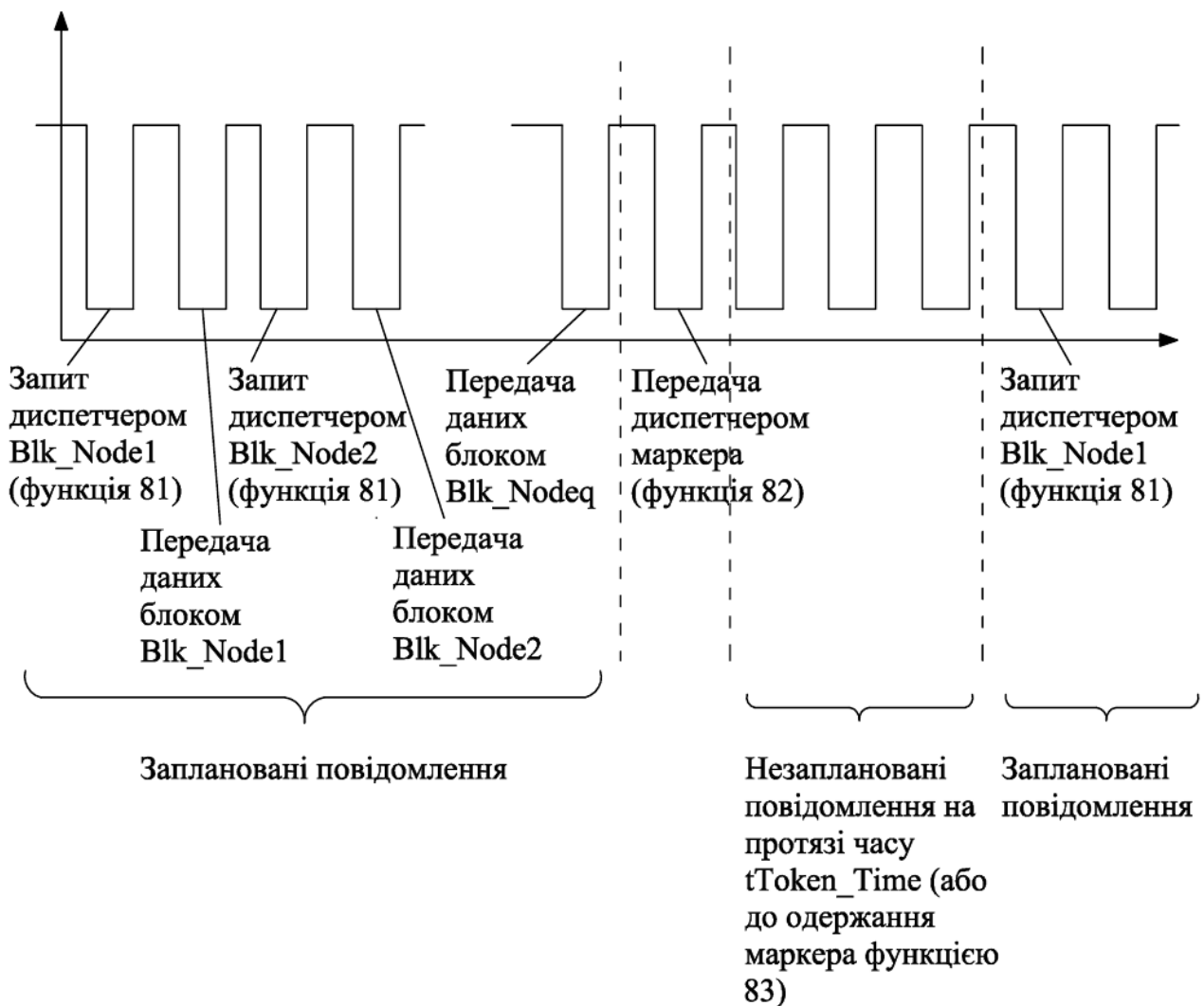


Рис.4.132. Ілюстрація роботи мережі у разі використання диспетчера LAN_SV(01).

У якості прикладу на рис 4.133 наведено фрагмент функціональної схеми для забезпечення передачі значень з функціонального блоку SP(53)_03 в інший контролер (з порядковим номером 10) по інтерфейсу з використанням блоку LAN_SV(01).

Блок LAN_IN(03) – інтерфейсний ввід – застосовується для прийому контролером параметрів, які передає у мережу інший контролер за допомогою блоку LAN_OUT. Функціональна схема блоку LAN_IN(03) та призначення входів-виходів і параметрів наведені відповідно на рис.4.134 та табл.4.58.

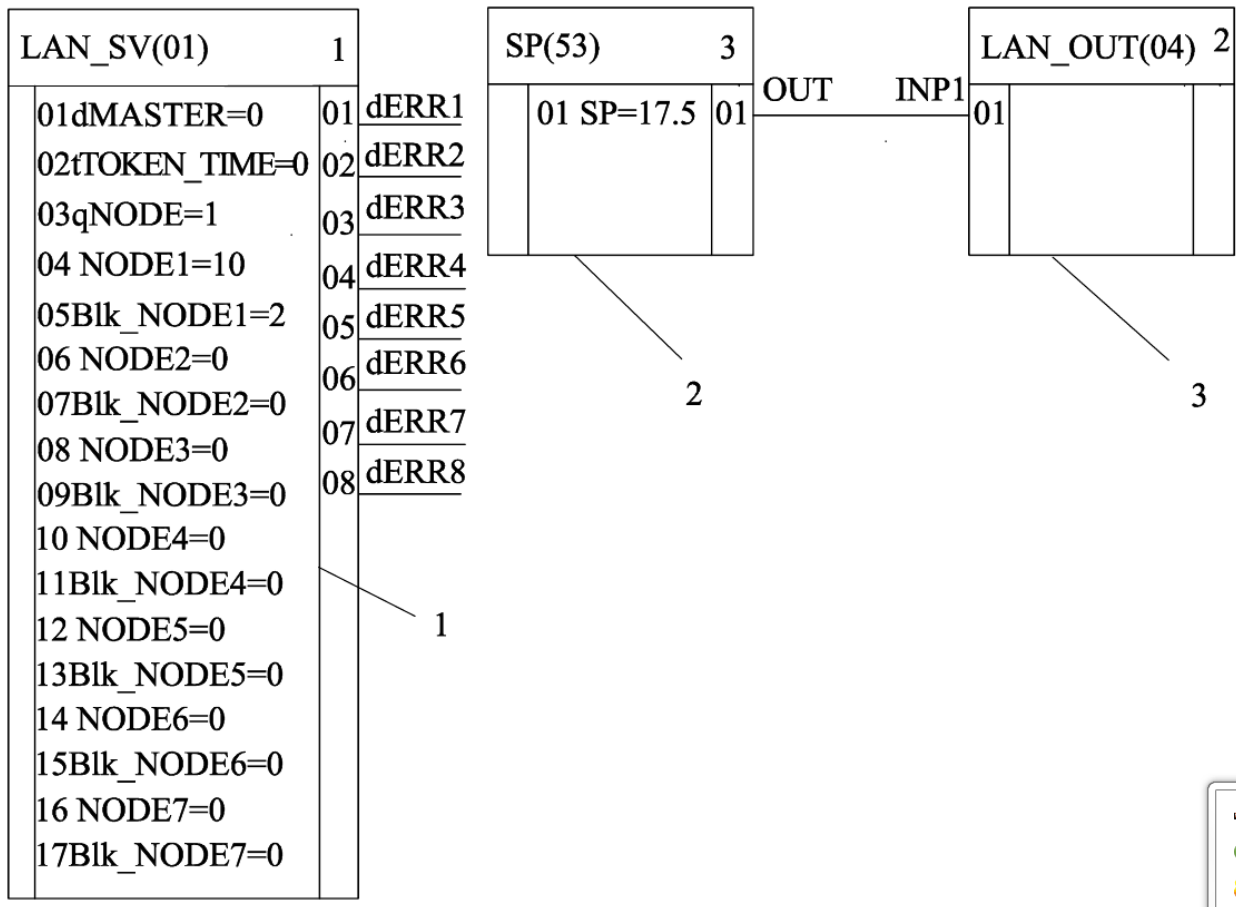


Рис.4.133. Приклад функціональної схеми передачі даних з блоку SP(53)_ 03 за допомогою блоку LAN_SV(01): 1 – інтерфейсний супервізор, що використовується для забезпечення обміну між приладами; 2 – блок аналогової уставки, призначений для видачі аналогового сигналу ; 3 – блок інтерфейсного виводу, що використовується для передачі даних по мережі.

У функціональному блоці, встановивши параметр dLAN_DIS=1, можна відключити його. Тоді виходи блоку будуть дорівнювати відповідним параметрам SP, а саме OUT_01=SP_1, OUT_02=SP_2 і т.д. Параметр nDEV указує мережну адресу контролера-передавача, а параметром nBLOCK встановлюється порядковий номер блоку LAN_OUT у програмі користувача. При цьому один контролеру ний блок LAN_IN(03) організує зв'язок тільки з одним блоком LAN_OUT з контролера. Якщо одному контролеру необхідно зв'язатися з декількома контролерами, то у ньому необхідно запрограмувати декілька блоків інтерфейсного вводу.

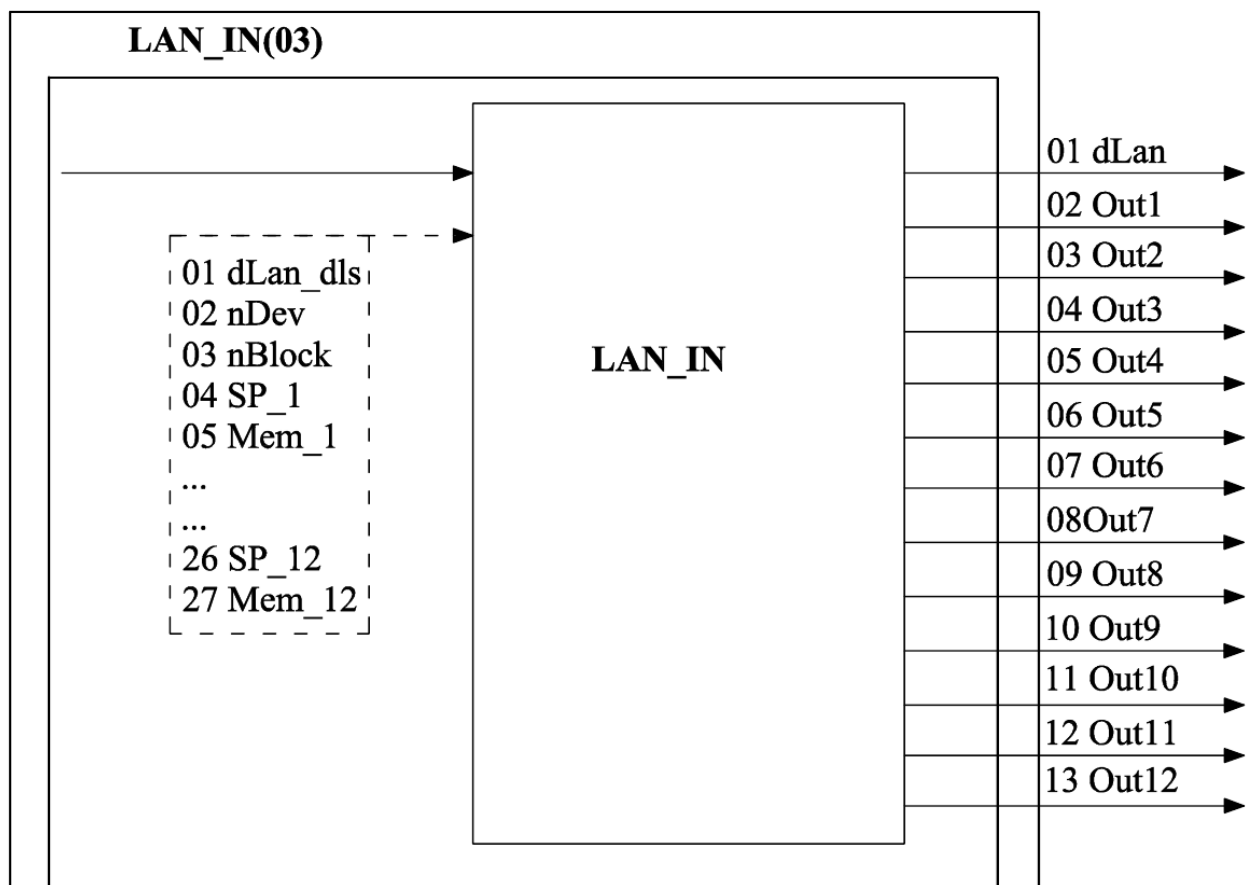


Рис.4.134. Функціональна схема блоку інтерфейсного вводу LAN_IN(03).

Таблиця 4.58. Позначення та призначення входів-виходів і параметрів блоку LAN_IN(03)

N п/п	Входи-параметри-виходи			Призначення
	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Параметри				
01	dLAN_DIS	0/1	0	Заборона обміну по мережі
02	nDEV	0-255	0	Мережна адреса приладу (джерела) з блоком LAN_OUT
03	nBLOCK	0-99	0	Порядковий номер функціонального блоку (джерела) LAN_OUT

04	SP_1	*	0	Початкове значення виходу OUT_1
05	MEM_1	*	0	Останнє значення виходу OUT_1
06	...			
07	...			
...				
26	SP_12		0	Початкове значення виходу OUT_12
27	MEM_12		0	Останнє значення виходу OUT_12
Виходи				
01	dLAN	0/1		Індикатор обміну: 0- обмін відсутній; 1 – обмін працює.
02	OUT_1	*		Вихід 1
03	OUT_2	*		Вихід 2
04	OUT_3	*		Вихід 3
05	OUT_4	*		Вихід 4
06	OUT_5	*		Вихід 5
07	OUT_6	*		Вихід 6
08	OUT_7	*		Вихід 7
09	OUT_8	*		Вихід 8
10	OUT_9	*		Вихід 9
11	OUT_10	*		Вихід 10
12	OUT_11	*		Вихід 11
13	OUT_12	*		Вихід12.Не використовується

У кожному контролері може бути запрограмовано будь-яке число функціональних блоків інтерфейсного вводу-виводу, а отже кожний контролер може передавати у мережу довільну кількість сигналів. На рис.4.135 наведено фрагмент програми, за якою забезпечу-

ється вивід на передню панель контролера значення, що передане по мережі блоком інтересного виводу N2 від контролера з мережною адресою 10.

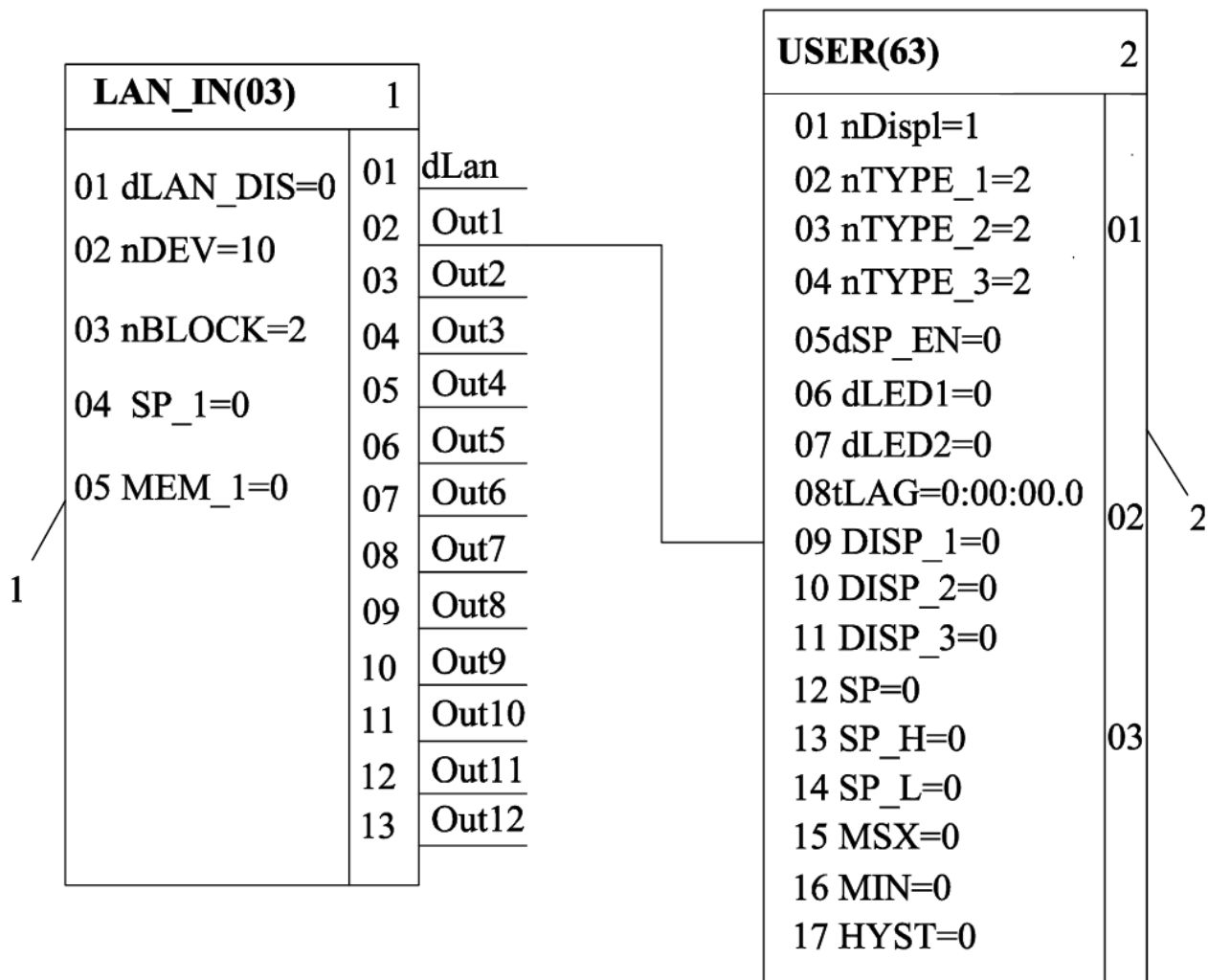


Рис.4.135. Приклад функціональної схеми для виводу на передню панель контролера переданого по мережі параметру: 1 – блок інтерфейсного вводу, для одержання аналогових/дискретних сигналів з інших приладів в мережі; 2 – блок панелі користувача, що застосовується для виводу на панель контролера аналогових сигналів.

Блок LAN_OUT(04) – інтерфейсний вивід – використовується для передачі сигналів у реальному часі крізь мережний канал іншим контролерам. Функціональна схема з позначенням входів блоку представлена на рис.4.136., а фрагмент програмами для передачі

аналогового значення по інтерфейсу в інший контролер наведено на рис 4.133.

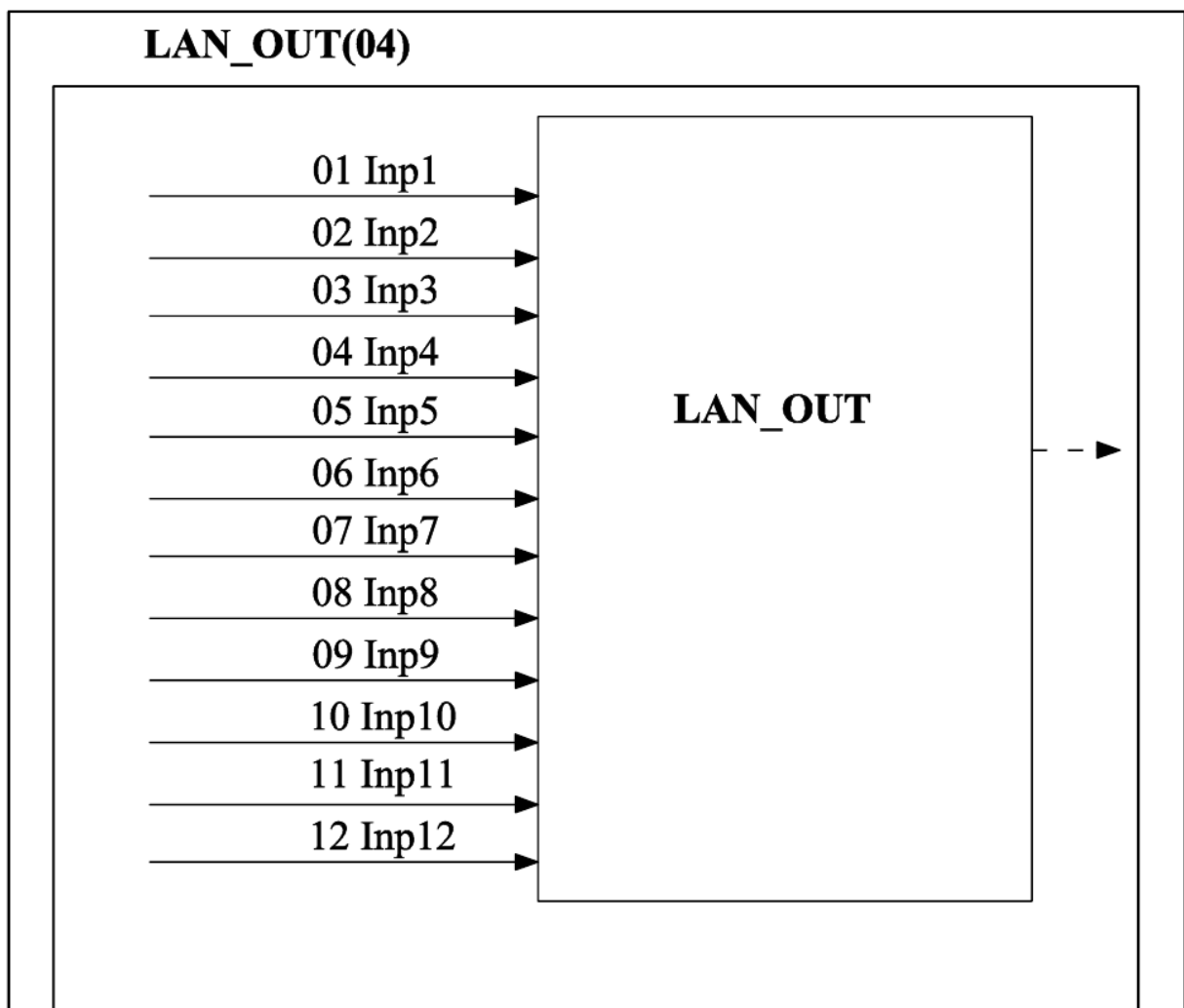


Рис.4.136. Функціональна схема блоку інтерфейсного виводу LAN_OUT(4).

Блок *AIN(05)* – аналоговий ввід – застосовується для зв’язку функціональних блоків з апаратними засобами аналогового вводу. Функціональна схема блоку наведена на рис.4.137, а позначення і призначення входів-виходів та параметрів – у табл.4.59.

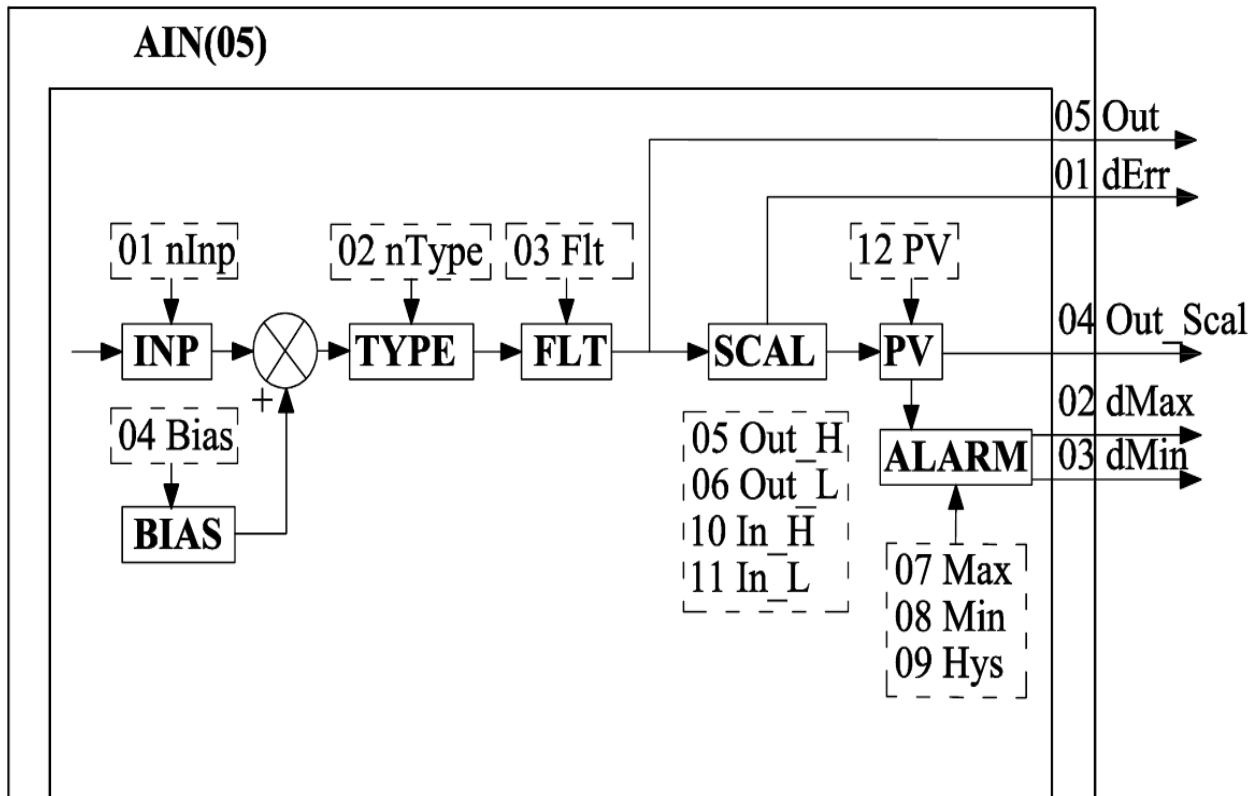


Рис.4.137. Функціональна схема блоку аналогового вводу AIN(05).

Таблиця 4.59. Позначення і призначення входів-виходів та параметрів блоку AIN(05).

N п/п	Входи-параметри- виходи			Призначення
	Позна- чення	Діапа- зон значень	Зна- чення за за- мовчу- вання м	
Параметри				
01	nINP	1- (N+1)*	1	Номер аналогового входу

Продовження табл.4.59

02	nTYPE	0-14	0	Тип аналогового входу 0000-лінійний 0001- квадратичний 0002- ТСМ 50М 0003- ТСМ 100М 0004- Гр.23 0005- ТСП 50П, Pt50 0006- ТСП 100П, Pt100 0007- Гр.21 0008- термопара ТЖК(Ж), 0 - +1100°C 0009- термопара ТХК(Л), 0 - +800°C 0010- термопара ТХК(Е), 0 - +850°C 0011- термопара ТХА(К), 0- +13000°C 0012- термопара ТПП10(S), 0°- +16000°C 0013- термопара ТПР(В), 0°-+1800°C 0014- термопара ТВР(А-1), 0°- +2500°C
03	iFLT	0- 23.59.5 9.9	00:00: 00:1	Часова стала експоненційного фі- льтру
04	BIAS	Дійсне	0	Зміщення (використовується для компенсації в термопарах)
05	OUT_H	Дійсне	100.0	Шкала вихідного сигналу (верхня межа)
06	OUT_L	Дійсне	0	Шкала вихідного сигналу (нижня межа)
07	MAX	Дійсне	90.0	Уставка сигналізації досягнення входом верхньої межі

08	MIN	Дійсне	10.0	Уставка сигналізації досягнення входом нижньої межі
09	HYS	Дійсне	0	Гістерез сигналізації
10	IN_H	Дійсне	0	Параметр калібрування. Не використовується
11	IN_L	Дійсне	0	Параметр калібрування. Не використовується
12	PV	Дійсне	0	Значення параметра, яке подається на вихід блока.
Виходи				
01	dERROR	0/1		Сигналізація виходу параметра за межі вимірювання
02	dMAX	*		Сигналізація досягнення входом верхньої межі
03	dMIN	*		Сигналізація досягнення входом нижньої межі
04	OUT_SCAL	*	Дійсне	Вихід блока (в шкалі)
05	OUT	*	0÷100 %	Вихід блока (0-100%)

Згідно рис.4.137 номер аналогового входу контролера, з яким буде зв'язаний блок, встановлюється параметром $nINP$. Функціональний блок дозволяє фільтрувати сигнал за допомогою експоненціального фільтру а також обирати необхідну шкалу параметра. При цьому вихідний сигнал блоку OUT визначається рівнянням:

$$OUT_SCAL = (INP - IN_L) \frac{(OUT_H - OUT_L)}{(INP_H - INP_L)} + OUT_L, (4.20)$$

де INP – значення вхідного сигналу блоку після фільтру.

Слід відзначити що базова модель контролера має (N+1) аналогових входів, де N – заявлена кількість аналогових входів, а 1 – це вхід від внутрішнього датчика температури навколишнього середовища. Для корекції ТЕДС холодного спаю при використанні входів AI1÷AI4 типу nTYPE=0008÷0014 на входах Ai5/Ai9 (nINP=0005/0009) необхідно встановити наступні значення параметрів OUT_H=150, OUT_L=-40, а nTYPE=0. Якщо для термопар необхідно провести корекцію по температурі зовнішнього середовища, то у функціональному блоці AIN(05) параметр «BIAS» має бути зв'язаним і на цей вихід подати сигнал з внутрішнього датчика температури. На рис.4.138 наведено приклад застосування блоку AIN(05), якщо необхідно вивести інформацію через блок дискретного виводу DOT(09) у випадку обриву датчика (вихід N1), а також при перевищенні граничних значень (виходи N2 і N3) вхідним аналоговим сигналом.

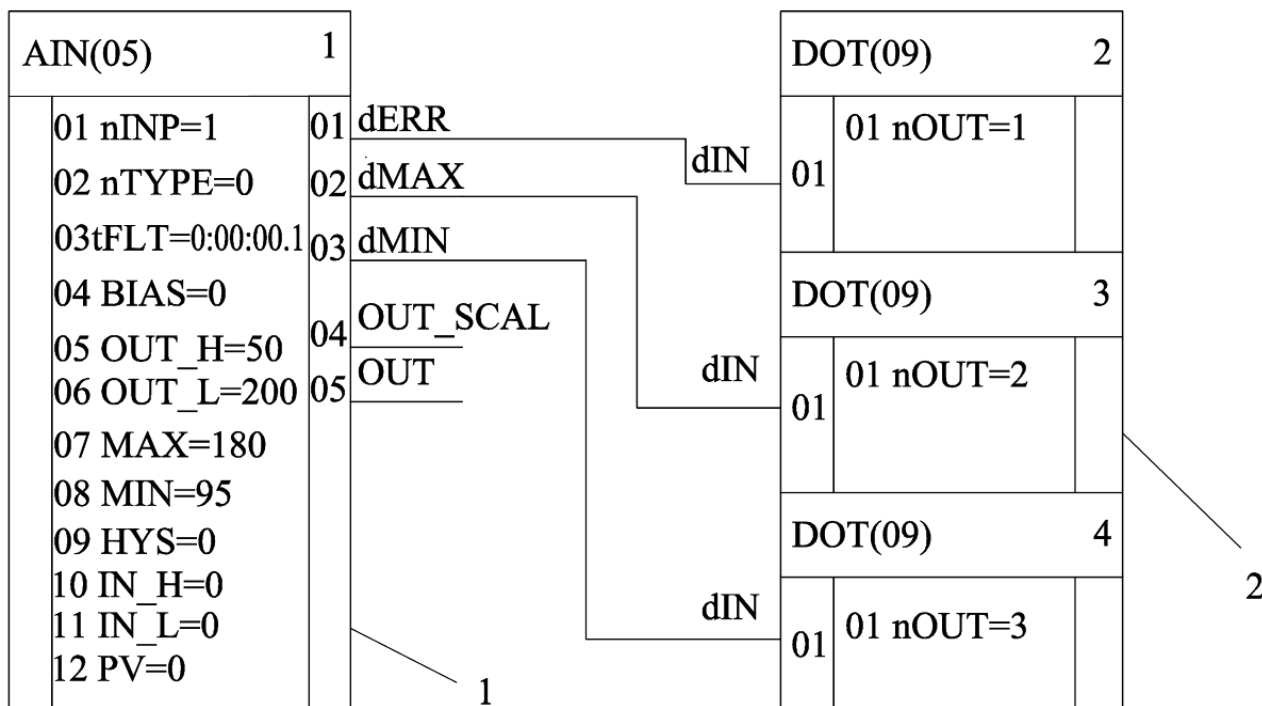


Рис.4.138. Приклад функціональної схеми для виводу дискретних сигналів про наявність обриву у лінії зв'язку датчика та про вихід вхідного сигналу за встановлені межі: 1 – блок аналогового вводу, що призначений для зв'язування з апаратною частиною контролера - його аналоговим вводом; 2 – блок дискретного виводу, що

призначений для зв'язування з апаратною частиною контролера – його дискретним виводом.

Блок *DIN(06)* – дискретний ввід – застосовується для зв'язку функціональних блоків з апаратними дискретними входами (DI), номери яких задаються параметром *nINP*. Позначення та призначення параметрів і виходів блоку, а також функціональна його схема наведені відповідно у табл.4.60 та на рис.4.139.

Таблиця 4.60. Позначення і призначення виходів та параметрів блоку *DIN(06)*

N п/п	Входи-параметри- виходи			Призначення
	Позна- чення	Діапазон значень	Значення за замов- чуванням	
Параметри				
01	<i>nINP</i>	1-19*	1	Номер фізичного входу
02	<i>tFLT</i>	Довге ціле	0	Мінімальна тривалість імпульса (фільтр входу від брязкоту кон- тактів)
Вихід				
01	<i>dOUT</i>	0/1		Вихід блоку
Примітка: * – базова модель PLC має три дискретних входи				

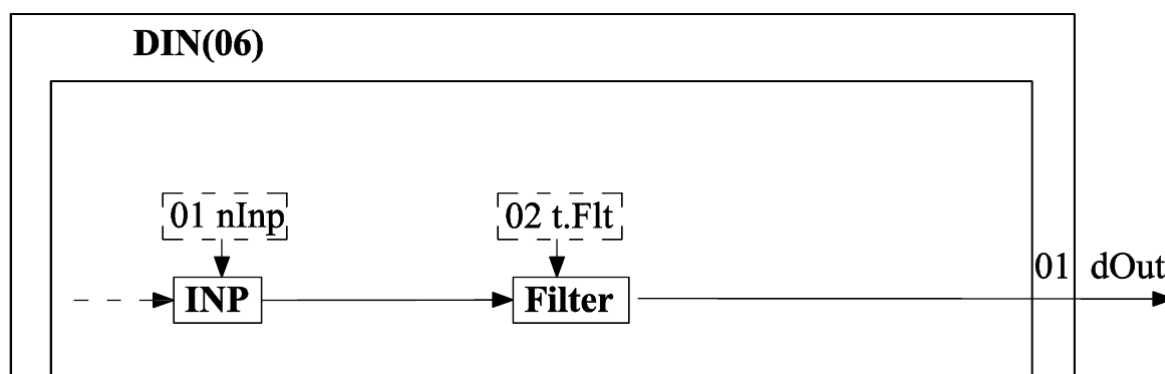


Рис.4.139 Функціональна схема блоку дискретного виводу *DIN(06)*.

Приклад застосування блоку DIN(06) у випадку зв'язку його виходів логічним блоком OR(21) наведено на рис.4.140.

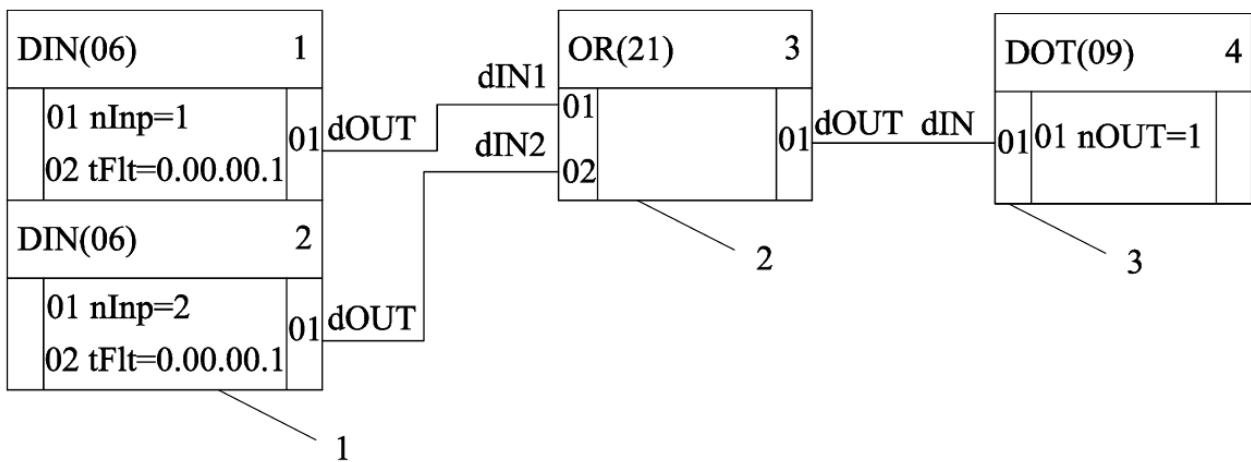


Рис.4.140. Приклад використання функціонального блоку DIN(06): 1 – блок дискретного вводу, призначений для зв'язування з апаратною частиною контролера – його дискретним вводом; 2 – блок логічний АБО, реалізує логічну операцію «АБО»; 3 – блок дискретного виводу, призначений для зв'язування з апаратною частиною контролера – його дискретним виводом.

Згідно схеми на рис.4.140 при надходженні сигналу на 1-й чи 2-й дискретний вхід, на дискретному виході N1 повинна бути відпрацьована логічна «одиниця».

Блок AOT(08) – аналоговий вивід – застосовується для зв'язку функціональних блоків з апаратними засобами аналогового виводу (АО). Згідно функціональної схеми, наведеній на рис 4.141, номер фізичного аналогового виходу АО до якого може бути підключено цей функціональний блок визначається параметром nOUT.

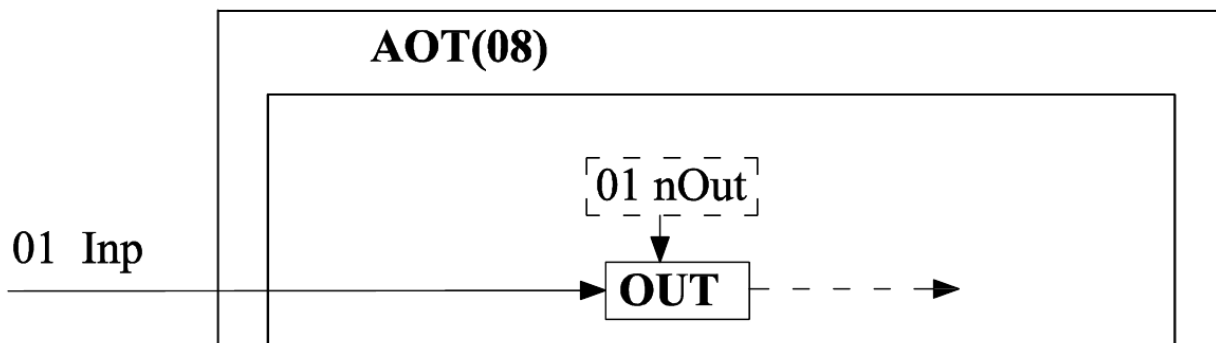


Рис.4.141. Функціональна схема блоку АОТ (базова модель контролера без плат розширення має один аналоговий вихід АО1).

Таблиця 4.61. Позначення і призначення параметрів та входів блоку АОТ(08)

N п/п	Входи-параметри-виходи			Призначення
	По- зна- чен- ня	Діапа- зон зна- чень	Значення за замов- чуванням	
Вхід				
01	INP	1-100		Вхід блоку
Параметри				
01	nOU T	1-4*	1	Номер аналогового виходу
02	BIAS	Дійсне	0	Зміщення. Не використовується
03	GAIN	Дійсне	0	Підсилення. Не використовується

Фрагмент функціональної схеми для передачі аналогового входу на аналоговий вихід, а також виводу поточного значення вхідного сигналу на панель індикації контролера наведена на рис.4.142.

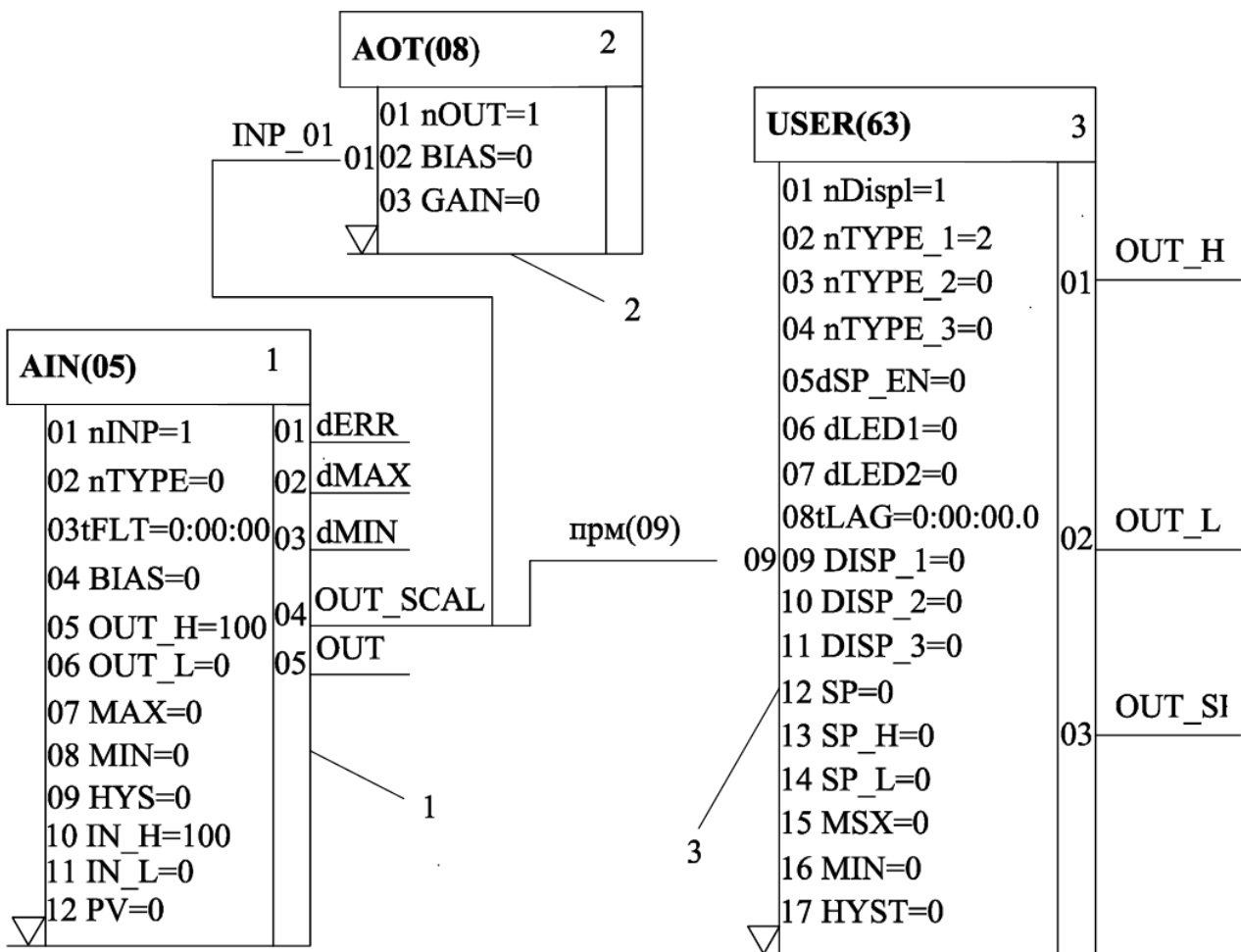


Рис.4.142. Приклад використання блоку АОТ(08): 1 – блок аналогового вводу, призначений для зв’язування з апаратною частиною контролера – його аналоговим вводом; 2 – блок аналогового виводу, призначений для зв’язування з апаратною частиною контролера – його аналоговим виводом; 3 – блок панелі користувача, використовується для виводу на панель контролера аналогових сигналів.

Блок DOT(09) – дискретний вивід – застосовується для зв’язку функціональних блоків з апаратними засобами дискретних виходів (DO). На рис.4.143 наведена функціональна схема блоку, згідно якої номер його дискретного виходу DO для підключення визначається параметром nOut.

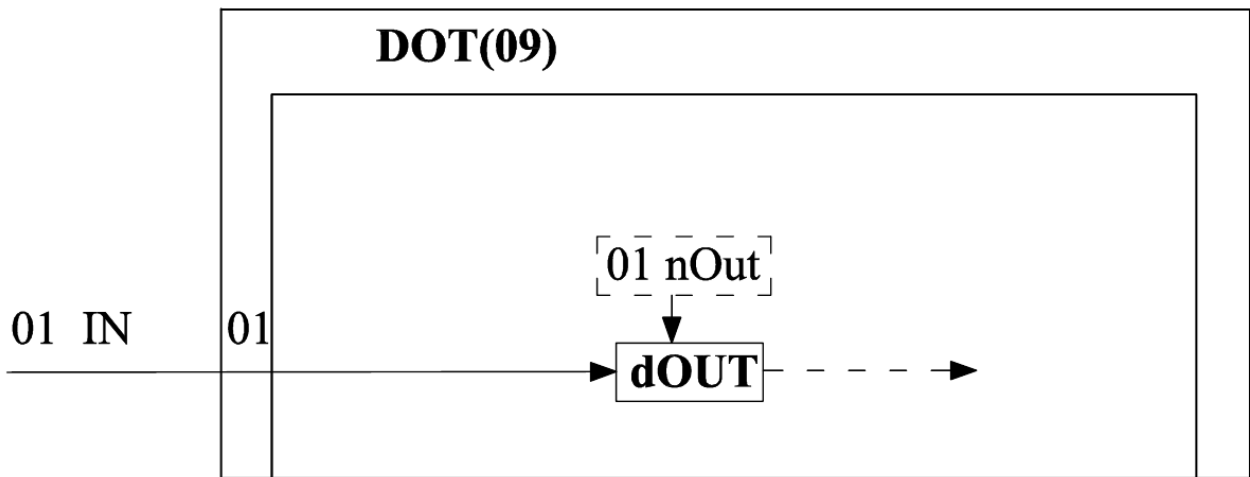


Рис.4.143. Функціональна схема блоку DOT (базова модель контролера без плат розширення має п'ять дискретних виходів DO).

Таблиця 4.62. Позначення і призначення параметрів та входів блоку DOT

N п/п	Входи-параметри-виходи			Призначення
	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Вхід				
01	dIN	0/1		Вхід блоку
Параметр				
01	nOUT	1-21*	1	Номер дискретного виходу

Фрагмент функціональної схеми використання блоку DOT для виводу сигналу логічної «1» логічного блоку OR(21) наведено на рис.4.144.

За цією схемою блок аналогового виводу при перевищенні граничних значень вхідним аналоговим сигналом відпрацьовує дискретні сигнали на логічний блок OR(21), вихідний сигнал з якого надходить на блок DOT(09).

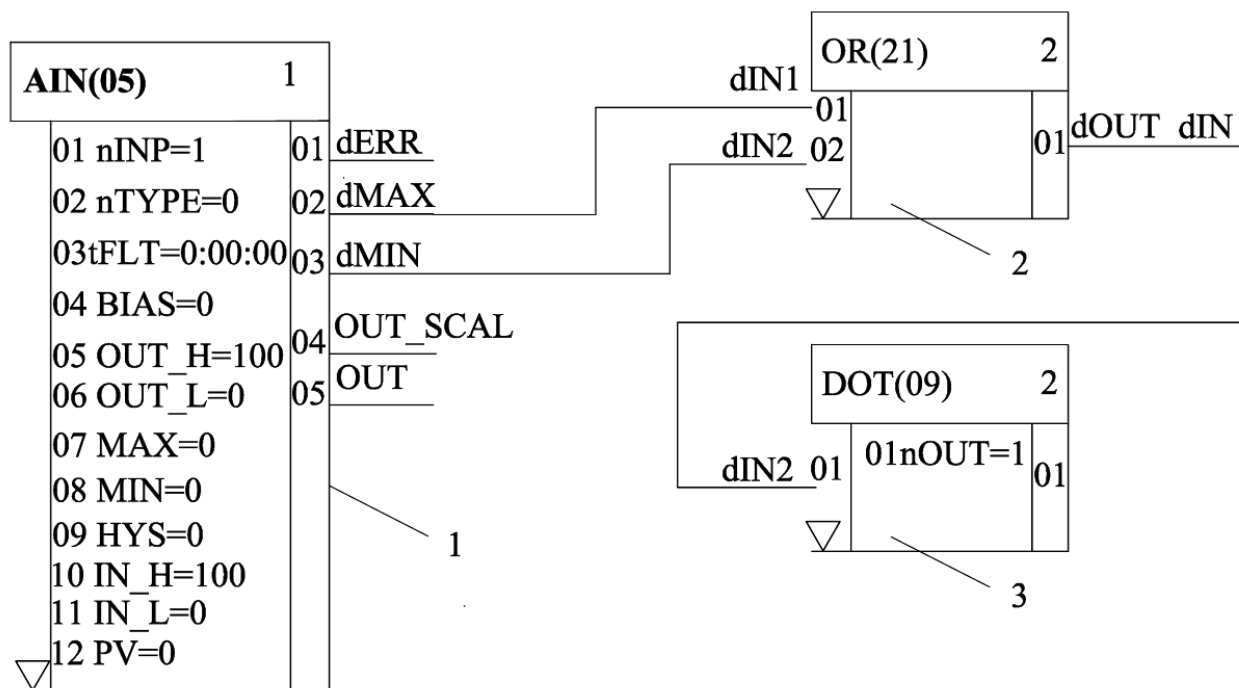


Рис.4.144. Приклад використання блоку DOT(09): 1 – блок аналогового вводу, призначений для зв’язування з апаратною частиною контролера – його аналоговим вводом; 2 – блок логічне «АБО», реалізує логічну операцію «АБО»; 3 – блок дискретного виводу, призначений для зв’язування з апаратною частиною контролера – його дискретним виводом.

Блок *USER(63)* – панель користувача – застосовується для індикації та зміни сигналів які необхідно візуально спостерігати користувачу одночасно на передній панелі контролера. Функціональна схема блоку наведена на рис.4.145. Цей блок дозволяє індикувати три сигнали (у тому числі зв'язаних) на цифрових індикаторах передньої панелі контролера («Параметр», «Завдання», «Вихід») та два дискретних сигнали (∇ , Δ дисплею «Вихід»), а також може використовуватись як одноканальний задавач, для чого за умови параметру *dSP_EN=1* передбачений режим керування задавачем з передньої панелі контролера.

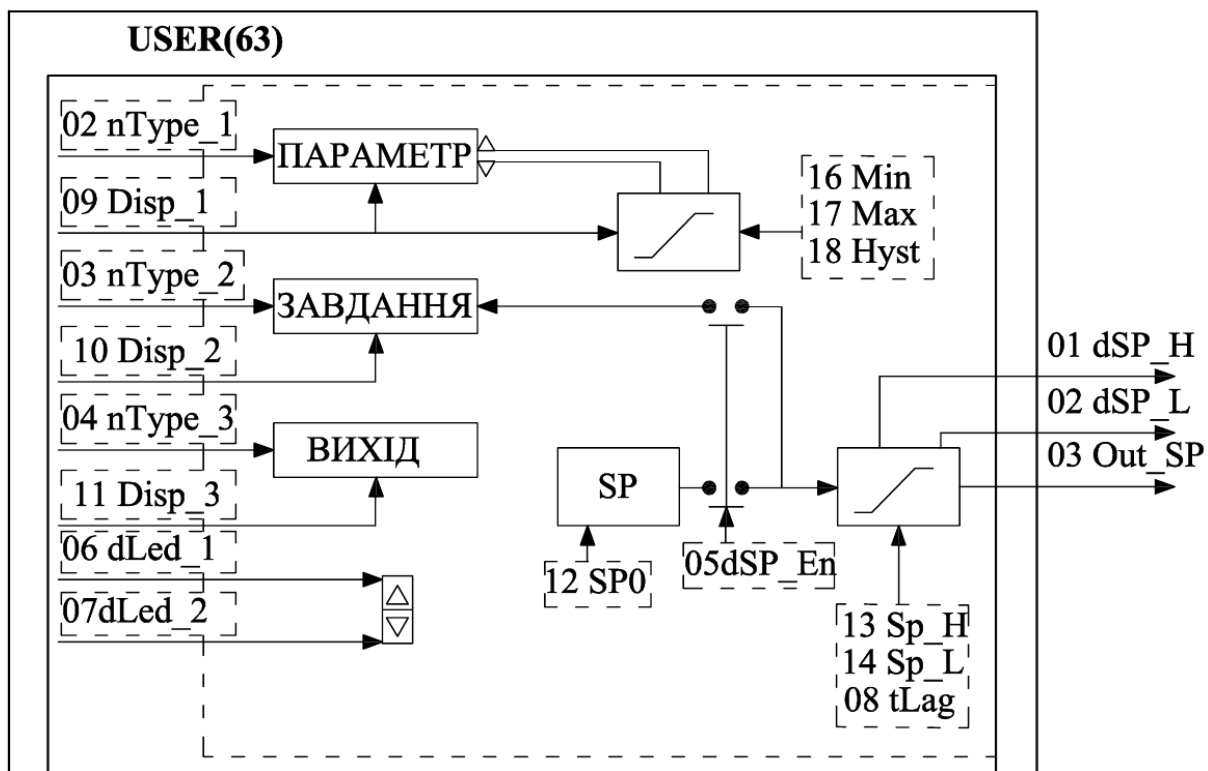


Рис.4.145. Функціональна схема блоку USER(63).

За допомогою цього блоку можливо використовувати до дев'яти панелей користувача. Номер панелі індикації визначається параметром 01 nDISP, що індукується цифровим індикатором «N». Параметр nTYPE вказує тип сигналу (0 – ціле число, 1 – час, 2 – дійсне число), що надходить на відповідний цифровий індикатор («Параметр», «Завдання», «Вихід»). Параметри dLED1 і dLED2 можуть бути використані як індикатори дискретного сигналу, тобто для індикації цих сигналів на передній панелі контролера.

З передньої панелі контролера є можливість встановити необхідне значення (завдання, коефіцієнт), яке крізь ланку обмеження прямує на вихід функціонального блоку 03 OUT_SP. Цю функцію панелі користувача можна застосовувати якщо параметр 05 DSP_EN дорівнює «1». Для цього необхідно натиснути кнопку «Завд» (індикатори «Завдання» почнуть блимати), а потім кнопками «Знач» (∇, Δ) встановити потрібне значення завдання і підтвердити введення значення натисканням кнопки «Ввід». Після цього індикатори за-

вдання перестануть блимати і на них відобразиться підключена величина.

Параметри 13SP_H і 14SP_L використовуються для обмеження значення завдання, а параметр tLAG вказує затримку часу на появу сигналу логічної «1» на виходах 01dSP_H і 02dSP_L. При конфігурації контролера необхідно пам'ятати, що при встановлених значеннях SP_H і SP_L на виході OUT_SP буде значення $SP_L \leq SP \leq SP_H$. Так наприклад, якщо $SP_H=0$, то і $OUT_SP=0$ за будь-яких значень SP. Для виводу на будь-який з трьох дисплеїв зовнішнього параметра з іншого функціонального блоку необхідно зробити зв'язною (позначка link навпроти необхідного параметра у панелі властивостей функціонального блоку) властивість 9 (дисплей «Параметр»), властивість 10 (дисплей «Завдання») і (або) властивість 11 (дисплей «Вихід») та прив'язати на створений вхід вихід з іншого функціонального блоку. Повний перелік виходів і параметрів блоку USER(63) наведений у табл.4.63.

Таблиця 4.63. Позначення і призначення параметрів та виходів блоку USER(63).

N п/п	Входи-параметри-виходи			Призначення
	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Параметри				
01	nDISP	1-9	1	Номер дисплею
02	nTYPE_1	0,1,2	0	Тип сигналу параметра 09 DISP_1 0 – ціле число, 1- час, 2- дійсне число.
03	nTYPE_2	0,1,2	0	Тип сигналу параметра 10 DISP_2
04	nTYPE_3	0,1,2	0	Тип сигналу параметра 11 DISP_3

Закінчення табл.4.63

05	dSP_EN	0/1	1	Дозвіл зміни завдання
06	dLED1	0/1	0	Вхід дискретного індикатора
07	dLED2	0/1	0	Вхід дискретного індикатора
08	tLAG	Час	0:00:00:0	Затримка включення виходів 01 dSP_H і 02 dSP_L
09	DISP_1	Дійсне	0	Вхід дисплея «ПАРМЕТР»
10	DISP_2	Дійсне	0	Вхід дисплея «ЗАВДАННЯ»
11	DISP_3	Дійсне	0	Вхід дисплея «ВИХІД»
12	SP	Дійсне	0	Завдання
13	SP_H	Дійсне	100	Верхня границя обмеження завдання
14	SP_L	Дійсне	0	Нижня границя обмеження завдання
15	MAX	Дійсне	90	Уставка сигналізації (максимум)
16	MIN	Дійсне	10	Уставка сигналізації (мінімум)
17	HYST	Дійсне	0	Гістерез сигналізації
Виходи				
01	dDSP_H	0/1		«=1» - завдання обмежено за верхньою границею
02	dDSP_L	0/1		«=1» - завдання обмежено за нижньою границею
03	OUT_SP	Дійсне		Вихід ланки ручного задат- чика (завдання)

Приклади застосування блоку USER(63) для виводу на лицьову панель контролера аналогових сигналів з блоків множення та підсумовування представлені на рис.4.147 і 4.149.

Блок MUL(12) – множення – призначений для виконання математичних операцій множення. Блок, функціональна схема якого

представлена на рис.4.146, забезпечує множення двох чисел і константи. Вихідний сигнал дорівнює

$$OUT = INP1 \times INP2 \times GAIN \quad (4.21)$$

При цьому параметр *GAIN* може виконувати роль третього входу або масштабного коефіцієнту.

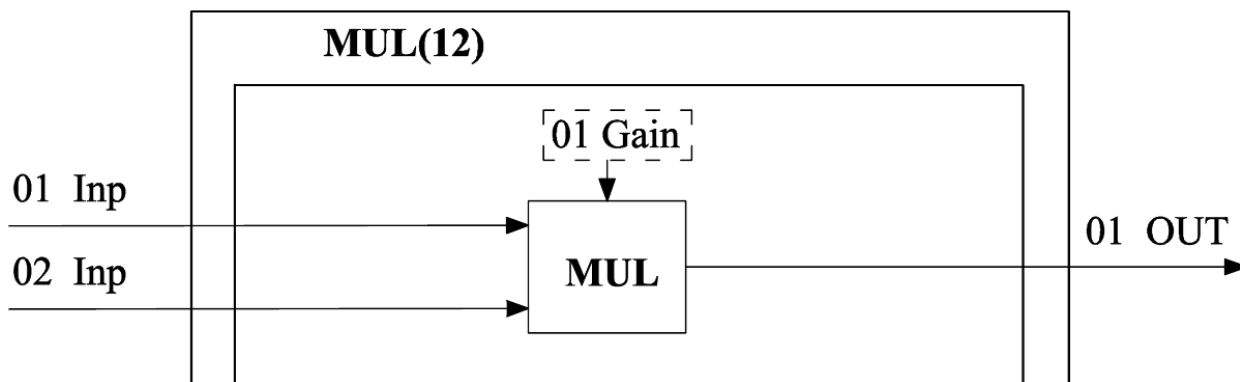


Рис.4.146. Функціональна схема блоку множення MUL(12).

Позначення і призначення входів-виходів і параметру наведені у табл.4.64, а на рис.4.147 представлено фрагмент функціональної схеми застосування блоку множення і виводу на дисплей результату обчислення радіусу круга за рівнянням $2\pi R$, за якої величина R задається з передньої панелі контролера.

Таблиця 4.64. Позначення і призначення параметрів та виходів блоку MUL(12)

N п/п	Входи-параметри-виходи			Призначення
	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	INP1	Дійсне		Вхід блока
02	INP21	Дійсне		Вхід блока
Параметр				
01	GAIN	Дійсне	1	Підсилення
Вихід				
01	OUT	Дійсне		Вихід блока

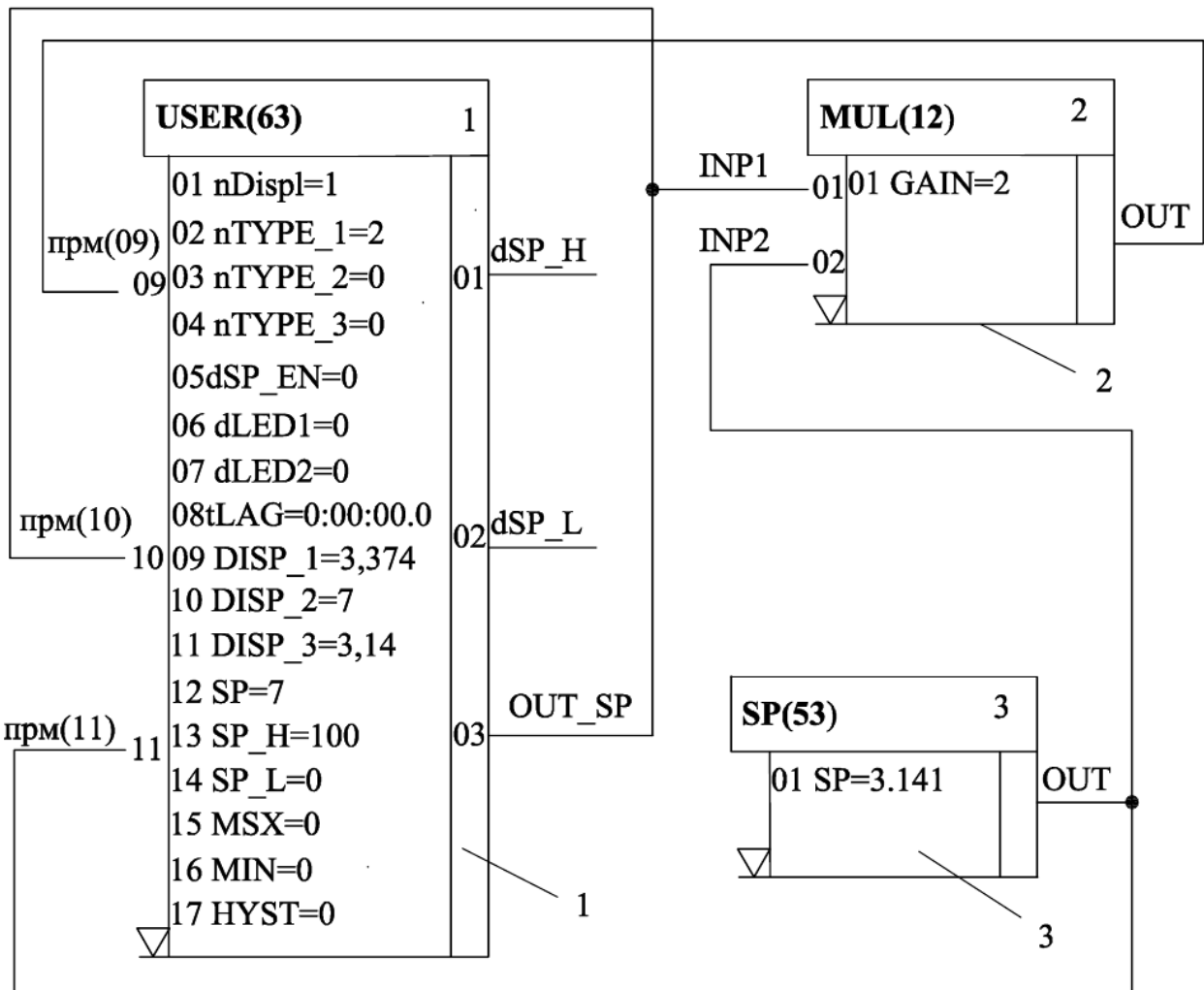


Рис.4.147. Приклад застосування функціонального блоку NUL(12): 1 – блок панелі користувача, використовується для виводу на панель контролера аналогових сигналів; 2 – блок множення, призначений для реалізації математичної операції множення; 3 – блок аналогової уставки, призначений для видачі аналогового сигналу.

Блок *SUMM(13)* – підсумовування з масштабуванням – використовується для отримання суми декількох (до 12-ти) сигналів. Зокрема він застосовується разом з функціональними блоками регулювання для побудови регуляторів співвідношення або для вводу статичної корекції по різним технологічним параметрам. Кількість сигналів на вході блоку, функціональна схема якого наведена на рис.4.148, задається модифікатором в процесі програмування блоку.

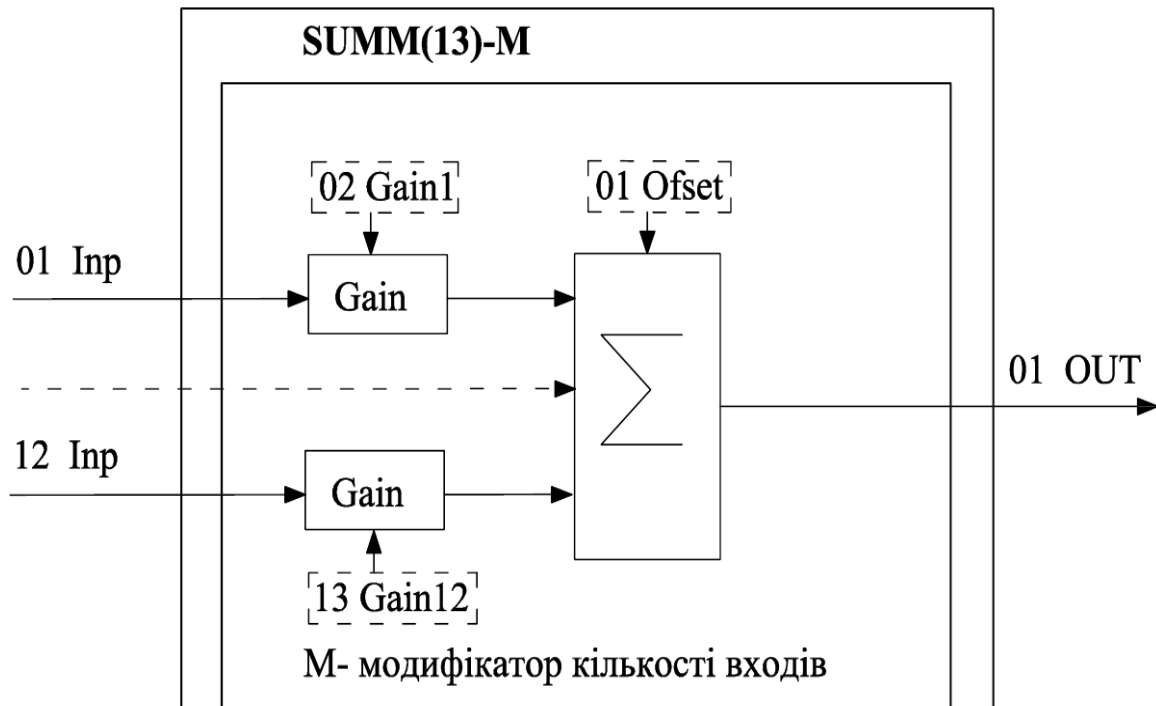


Рис.4.148. Функціональна схема блоку підсумовування з масштабуванням SUMM(13) .

Вихідний сигнал блоку *OUT* згідно рис.4.148 дорівнює:

$$OUT = OFFSET + \sum_{i=1}^m INP_i \times GAIN_i. \quad (4.22)$$

або

$$OUT = OFFSET + INP_1 \times GAIN_1 + INP_2 \times GAIN_2 + \dots + INP_{12} \times GAIN_{12}. \quad (4.23)$$

Позначення та призначення параметрів і входів-виходів блоку представлені у табл.4.65. Приклад застосування блоку SUMM(13) для підсумовування 3-х аналогових сигналів в діапазоні 0÷100% з виводом отриманої суми на дисплей контролера представлено на рис.4.149.

Блок *SP(53)* – уставка аналогова – застосовується для формування сигналу зовнішнього завдання. Функціональна схема та параметри і виходи блоку представлені на рис.4.150 та у табл.4.66, а приклад застосування блоку наведений на рис.4.147.

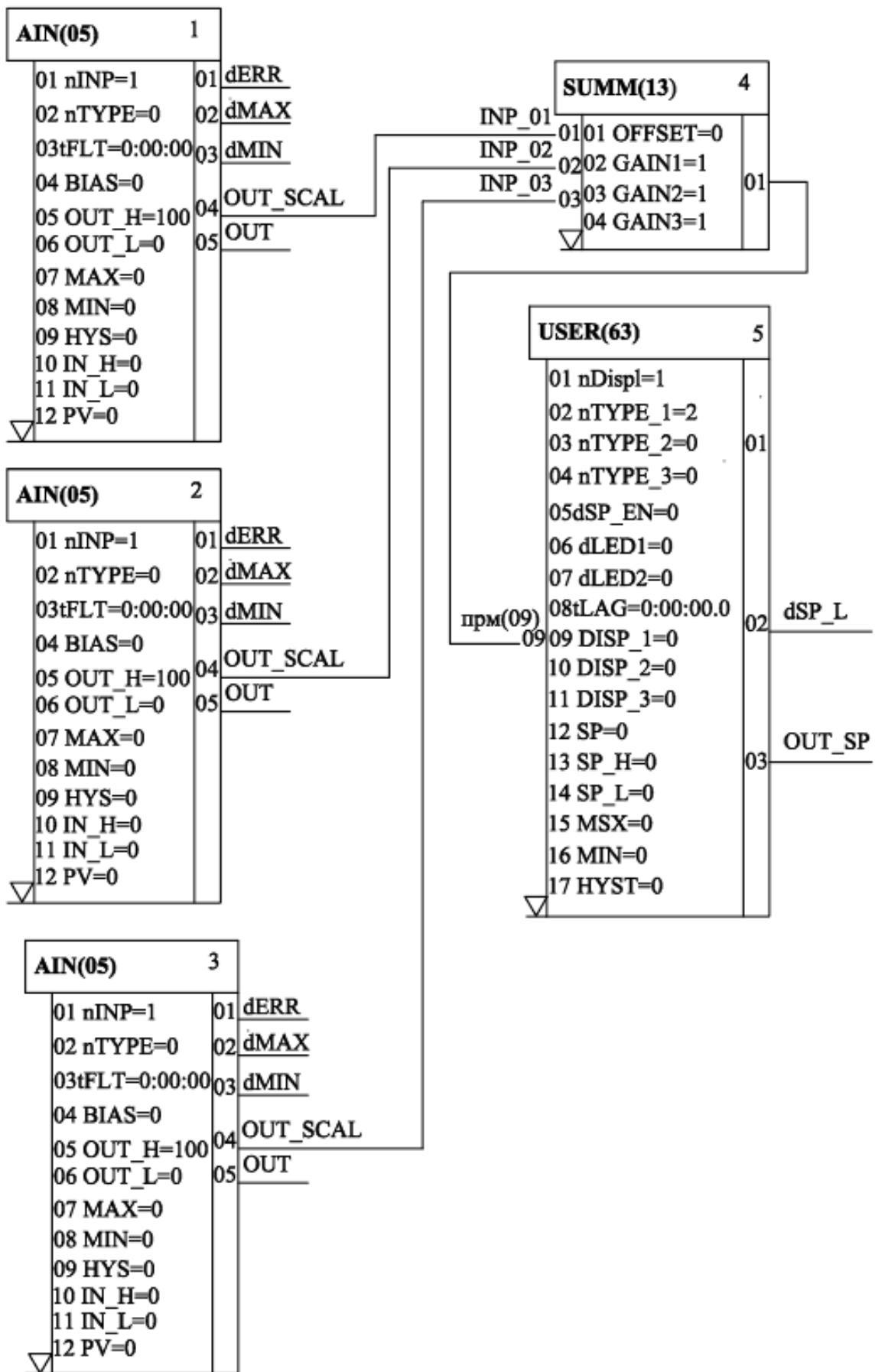


Рис.4.149. Приклад застосування функціонального блоку SUMM(13).

Таблиця 4.65. Позначення і призначення параметрів та входів-виходів блоку SUMM(13)

N п/п	Входи-параметри-виходи			Призначення
	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	INP1	Дійсне		1-й вхід
02	INP2	Дійсне		2-й вхід
...
12	INP12	Дійсне		12-й вхід
Параметри				
01	OFFSET	Дійсне	0	Зсув, немасштабуємий вхід
02	GAIN1	Дійсне	1	Масштабний коефіцієнт по 1-му входу
03	GAIN2	Дійсне	1	Масштабний коефіцієнт по 2-му входу
...
13	GAIN12	Дійсне	1	Масштабний коефіцієнт по 12-му входу
Вихід				
01	OUT	Дійсне	1	Вихід блока

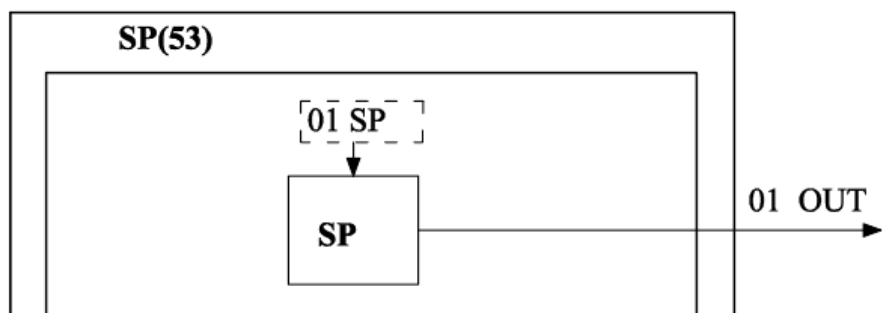


Рис.4.150. Функціональна схема блоку аналогової уставки (завдання) SP(53).

Таблиця 4.66. Позначення і призначення параметрів та виходів блоку SP(53)

N п/п	Входи-параметри-виходи			Призначення
	Позна- чення	Діапа- зон зна- чень	Значення за замовчуван- ням	
Параметр				
01	SP	Дійсне	0	Значення уставки
Вихід				
01	OUT	Дійсне		Вихід блоку

Блок *SP_M(54)* – уставка аналогова багатоканальна – застосовується для формування до 12 сигналів зовнішнього завдання. Функціональна схема та параметри і виходи блоку представлені на рис.4.151 та у табл.4.67.

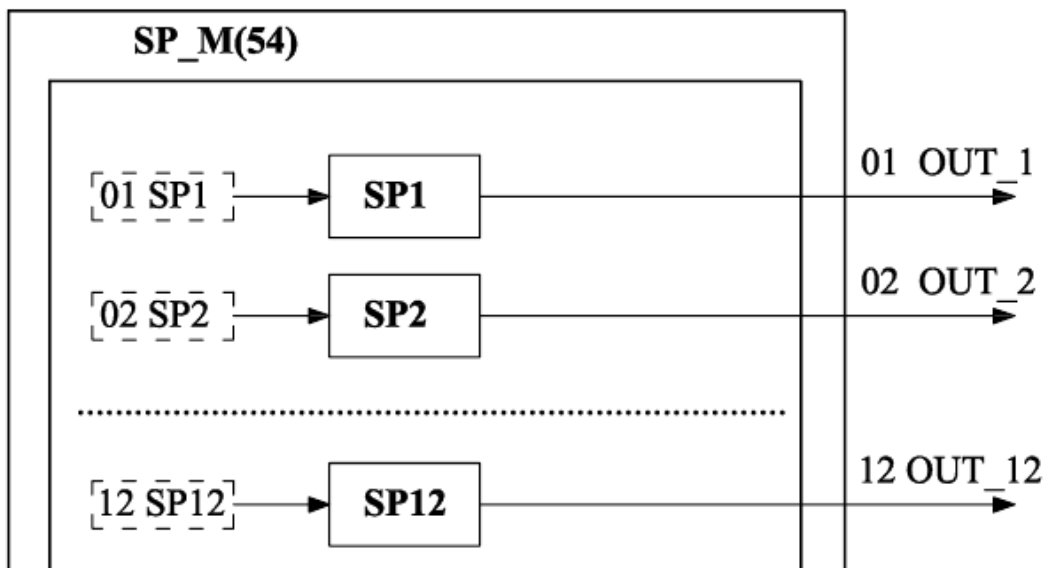


Рис.4.151. Функціональна схема блоку багатоканальної уставки (завдання) *SP_M(54)*.

Приклад використання блоку *SP_M(54)*, за якого забезпечується подача 3-х сигналів на рівні 20, 40 і 50 технічних одиниць, наведено на рис.4.152.

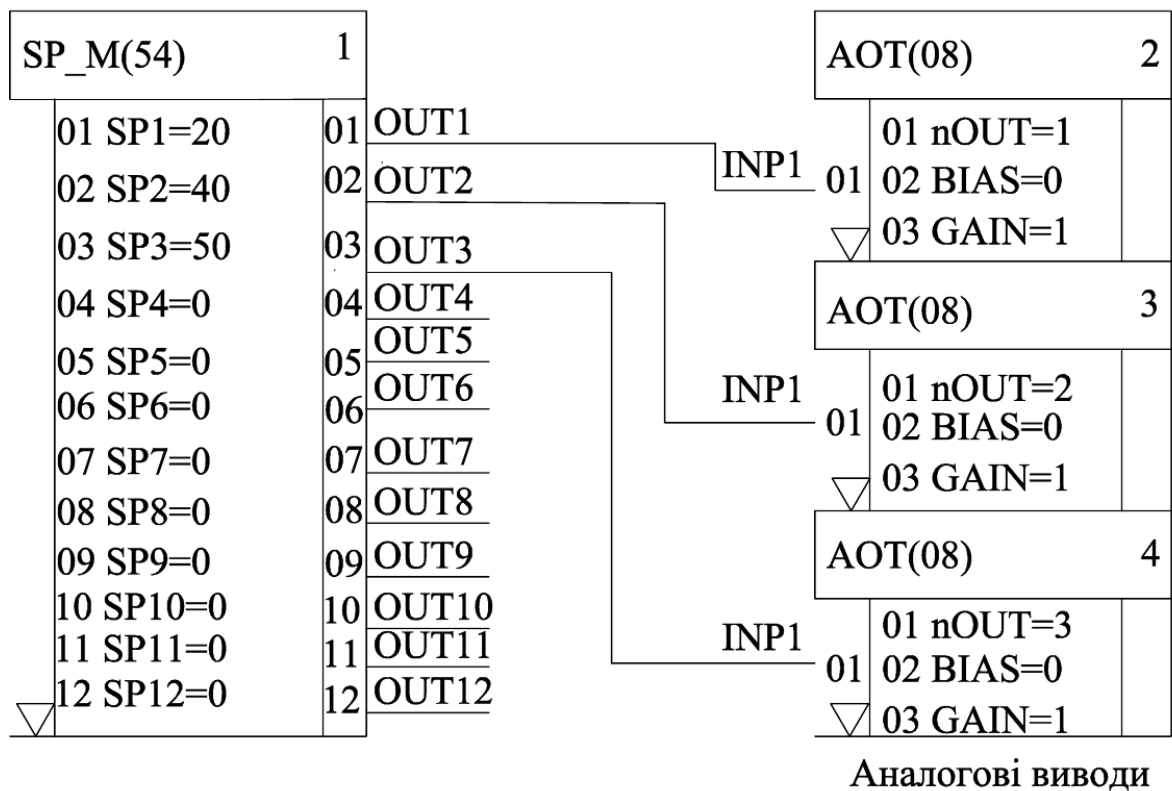


Рис.4.152. Приклад застосування блоку SP_M(54).

Таблиця 4.67. Позначення і призначення параметрів та виходів блоку SP_M(54).

N п/п	Входи-параметри-виходи			Призначення
	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Параметри				
01	SP1	Дійсне	0	Значення уставки
02	SP2	Дійсне	0	Значення уставки
...
12	SP12	Дійсне	0	Значення уставки
Виходи				
01	OUT1	Дійсне		Вихід задатчика
02	OUT2	Дійсне		Вихід задатчика
...
12	OUT12	Дійсне		Вихід задатчика

Позначення та призначення параметрів і входів-виходів блоку PID(60) представлені у табл.4.68, а повна функціональна схема блоку наведена на рис.4.153.

Таблиця 4.68. Позначення і призначення параметрів та входів-виходів блоку *PID(60)*

N п/п	Входи-параметри-виходи			Призначення
	Позначення	Діапа- зон зна- чень	Значен- ня за замов- чуван- ням	
Входи				
01	PV	Дійсне	0	Вхід регулятора
Параметри				
01	nDISP	1-9	1	Номер дисплея
02	nDIR	0/1	0	Напрямок дії регулятора (0-зворотній, 1-прямий)
03	nSTR	0/1	0	Структура регулятора (0-паралельний, 1-змішаний)
04	nTYPE	0,1,2	0	Тип регулятора (0-ПІД, 1,2-не використовується)
05	SP_Q	1,2		Кількість використовуваних завдань (1-внутрішня задана точка, 2- внутрішня/зовнішня задана точка)
06	nCONV	0, 1, 2, 3, 4, 5	0	$y=x$ $y=\sqrt{X}$ $y=\log(X)$ $y=e^x$ $y=X^2$ $y=1/X$

Продовження табл.4.68

07	dTRK	0/1	0	Команда встановлення на виході регулятора безпечного значення впливу (параметр 21 TRK_VAL)
08	nMODE	0,1,2	0	Режим роботи (0-РУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
09	TI	Час	0:02:00:0	Час інтегрування регулятора
10	TD	Час	0:00:00:0	Час диференціювання регулятора
11	KP	Дійсне	1	Коефіцієнт підсилення регулятора
12	SP	Дійсне	0	Завдання регулятору
13	SP_EXTERN	Дійсне	0	Зовнішнє завдання регулятора
14	OUT	Дійсне	0	Вихід регулятора 0-100%
15	PV_RANGE	Дійсне	100	Діапазон зміни регулююмого параметра
16	SP_H	Дійсне	100	Обмеження завдання (верхнє)
17	SP_L	Дійсне	0	Обмеження завдання (нижнє)
18	SP_RATE	Дійсне	100	Швидкість зміни завдання, техн. од./хв.
19	OUT_H	Дійсне	100	Обмеження вихода регулятора (верхнє)
20	OUT_L	Дійсне	0	Обмеження вихода регулятора (нижнє)
21	TRK_VAL	Дійсне	0	Значення безпечного впливу
22	DEV_MAX	Дійсне	0	Уставки сигналізації відхилення регулююмого параметра від заданої точки (сигналізація девіаційна)
23	DEV_MIN	Дійсне	0	

Продовження табл.4.68

24	DEV_HYS	Дійсне	0	Гістерез сигналізації параметра
25	FF_VAL	Дійсне	0	Передування керуючого впливу регулятора
26	FF_GAIN	Дійсне	0	Коефіцієнт підсилення передування
27	FF_H	Дійсне	0	Обмеження передування (верхнє)
28	FF_L	Дійсне	0	Обмеження передування (нижнє)
29	COR_VAL	Дійсне	0	Вхід ланки корекції регулюемого параметра регулятора
30	COR_GAIN	Дійсне	0	Коефіцієнт підсилення сигналу корекції
31	COR_H	Дійсне	0	Обмеження сигналу корекції (верхнє)
32	COR_L	Дійсне	0	Обмеження сигналу корекції (нижнє)
33	FB	Дійсне	0	Не використовується
Виходи				
01	dMAN	0/1		Стан регулятора (0-авт., 1-ручн.)
02	dLOC	0/1		Задана точка, що використовується (0-зовнішня, 1-внутрішня)
03	dMAX	0/1	...	Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки DEV_MAX
04	dMIN	0/1		Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки DEV_MIN

05	dOUT_H	0/1		Вихід регулятора обмежений за верхнім значенням
06	dOUT_L	0/1		Вихід регулятора обмежений за нижнім значенням
07	OUT	Дійсне		Аналоговий вихід регулятора
08	DELTA	Дійсне		Розузгодження регулятора в % вхідного параметра

Блок PID(60) – регулятор аналоговий – призначений для побудови контурів з ПІД-алгоритмом регулювання в комплекті з аналоговими виконавчими пристроями. Функціональний блок PID(60) виконує функції настроюваних параметрів у ПІД -алгоритмі з додатковими можливостями, а саме: формування на виході регулятора безпечного впливу по команді зовні; забезпечення чотирьох режимів роботи (ручний РУ-керування з передньої панелі, локальний ЛУ-керування ПІД-регулятором з внутрішнім завданням, каскадний КУ-керування ПІД-регулятором з зовнішнім завданням або завданням від програмного задавача, слідкуючий СУ-зупинка регулятора з автоматичним слідкуванням за значенням виходу блоку для наступного безударного переходу в інший режим роботи); забезпечення функції передування керуючого впливу регулятора та корекції сигналу розбіжності регулятора. Шляхом конфігурування блоку існує можливість забезпечити включення П, І, чи Д складової, що призначені для обробки вхідного сигналу розбіжності.

Згідно рис.4.153 значення параметру регулювання надходить на вхід 01 PV блоку, яке виводиться на дисплей «ПАРАМЕТР». Параметром 01 nDISP задається номер дисплею регулятора. Максимальна кількість регуляторів (ПІД-аналогових, ПІД-імпульсних, ПІД-каскадних, дельта-регуляторів), що можуть бути використані у програмі контролера складає до дев'яти. За цим номером регулятора

здійснюється його ідентифікація на передній панелі контролера (дисплей №).

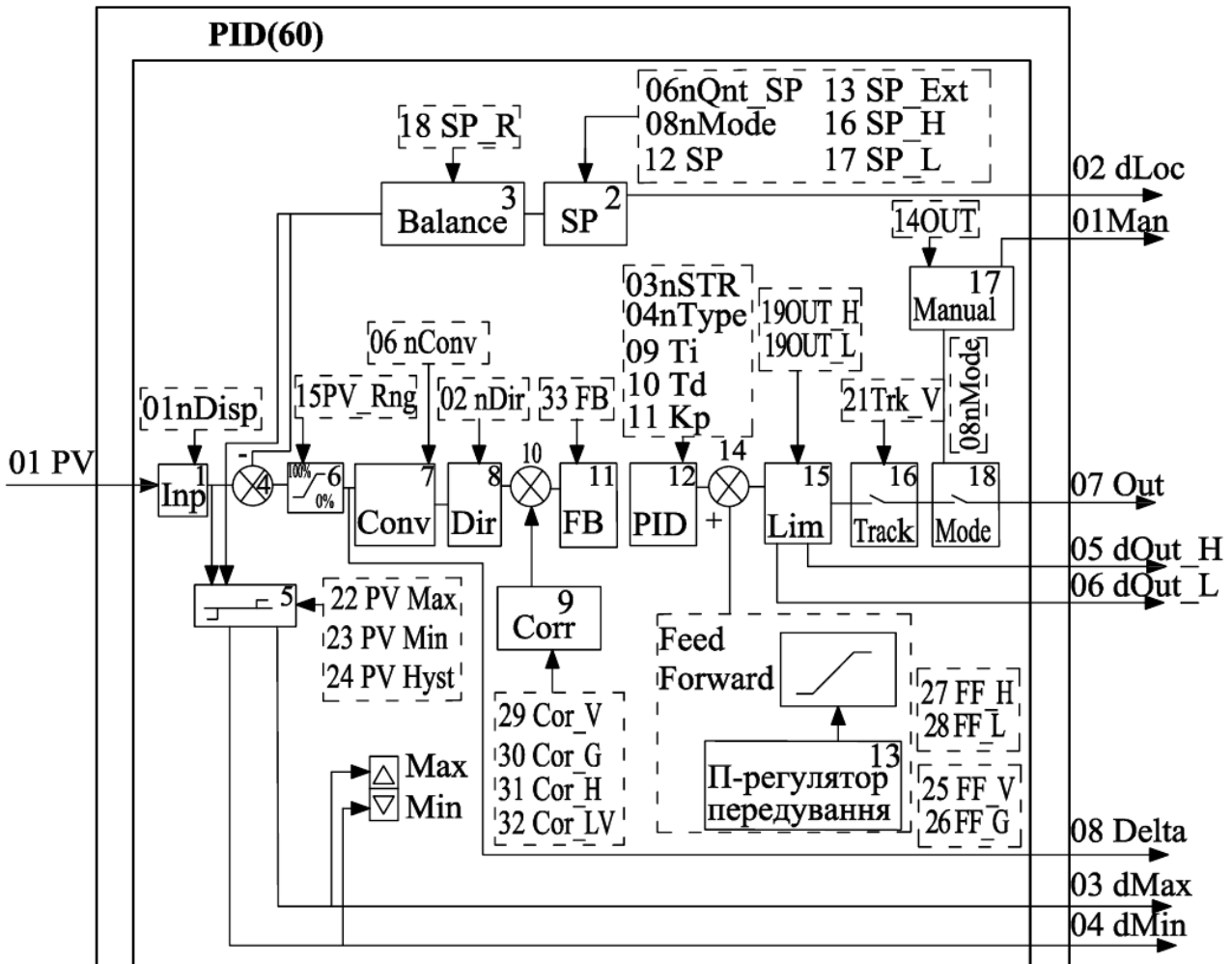


Рис.4.153. Функціональна схема аналогового блоку PID(60).

Далі параметр регулювання надходить на вузол 5 (сигналізація), де визначається відхилення значення параметру регулювання від заданої точки (девіаційна сигналізація). Цей вузол формує дискретні вихідні сигнали dMIN і dMAX, які прямують на виходи 04 і 03 блоку PID(60). Крім того ці сигнали напряму «прив'язані» до відповідних сигнальних світлодіодів на передній панелі контролера біля індикатора «ПАРАМЕТР». Наступним вузлом у ланцюгу обробки регульованого параметру є суматор 4, значення якого на вузол 4 надходить із знаком «+».

Вузол формування завдання складається із декількох блоків. Загальне значення параметра регулювання SP (вузол 2) обмежується

по максимуму і мінімуму параметрами 16SP_H і 17SP_L. Значення заданої точки регулятора встановлюється параметром 12SP, який у разі необхідності можна зробити «зв'язаним». При використанні зовнішньої заданої точки (параметр 05nQNT_SP=2) її значення необхідно записувати у параметрі 13SP_EXT, тобто зробивши його «зв'язаним», наприклад для каскадної АСР. Параметр 18SP_R відповідає вузлі 3 (BALANCE) за швидкість зміни завдання (у технічних одиницях за хвилину). Цим параметром встановлюються режими статичного або динамічного балансування (18SP_R≠0), за яких забезпечується безударність переходу з одного режиму керування на інший. Сигнал з вузла 3 надходить на суматор 4 із знаком «-».

На виході суматора 4 формується сигнал розбіжності між параметром регулювання і завданням у технологічних одиницях, тобто $E_{\text{техн.од.}} = PV - SP$. Цей сигнал масштабується по шкалі 0-100% у вузлі 6 (масштабування) відносно діапазону зміни PV, що задається параметром 15PV_RNG. Нормований сигнал розбіжності можна використати у програмі користувача, який подається на вихід 08DELTA блоку PID(60).

Нормований сигнал розбіжності після вузла 6 прямує на вузол 7(CONV) математичного перетворення. За параметром 06 nCONV обирається один із шести типів перетворення сигналу E(t), за яких може забезпечуватись різна швидкість регулювання регулятора при малих значеннях розбіжності.

Наступний вузол 8 (DIR) відповідає за дії регулятора, що визначається параметром 02nDIR. За зворотньої дії регулятора (02nDIR=0) розбіжність буде мати вигляд $E_{PV} = -(PV - SP)$, а при прямій дії (02nDIR=1) величина E_{PV} буде позитивною.

За допомогою вузла 9 (CORR) існує можливість виконання корекції керованого сигналу по додатковому параметру. При цьому сигнал E_{PV} після вузла 8 підсумовується із значенням корекції:

$$E(t) = E_{PV} + (COR.G \times VAL_{COR})_{COR_L}^{COR_H} \cdot \quad (4.24)$$

З формули 4.24 виходить, що вплив на розбіжність, а відповідно і на регулювання залежить від параметру підсилення 30 COR_G, тобто чим більше коефіцієнт підсилення, тим більше вплив сигналу корекції на величину $E(t)$. Слід відзначити, що коли параметр 29 COR_V стає «зв'язаним», то відповідно, у блоці PID(60) з'явиться вхід «прм 29». На цей вхід і прямує сигнал корекції з блоків COR_ST(93) або COR_D(94), особливості яких детально наведені в інструкціях по експлуатації.

Далі сигнал проходить крізь службовий вузол 11(FB), який заблокований і не впливає на сигнал розбіжності, і нарешті попадає на вузол 12 (PID), тобто сам ПІД-регулятор. У вузлі 12 параметром 03nSTR визначається одна із структур регулятора, що представлені на рис 4.154.

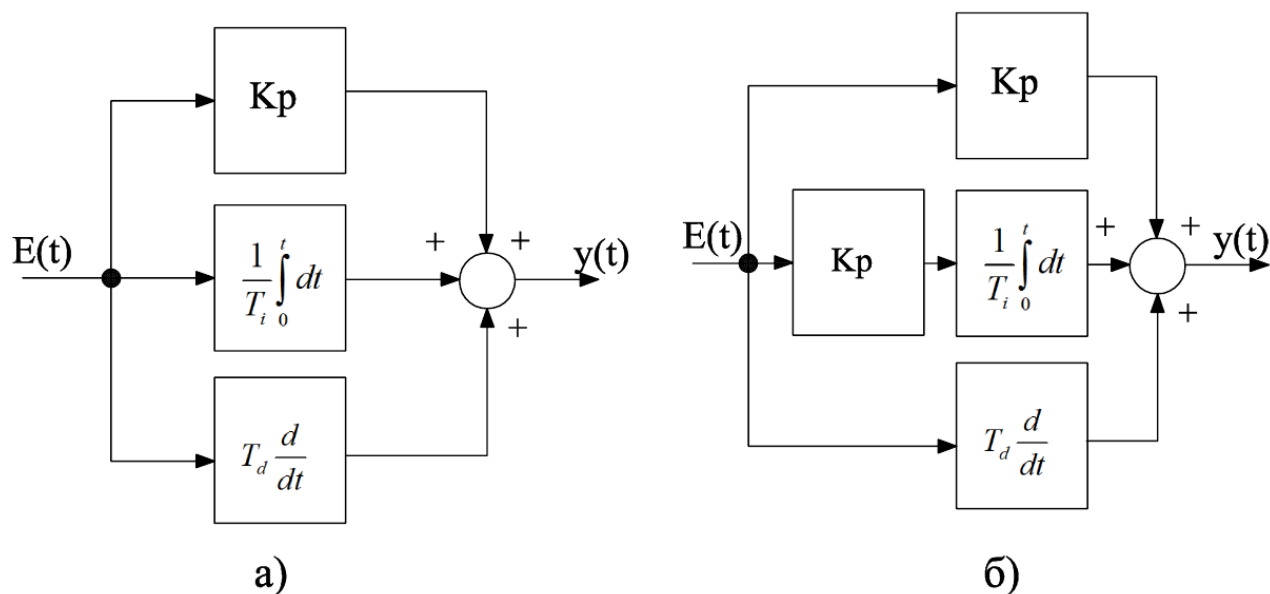


Рис.4.154. Алгоритмічні структури ПІД-регулятора: а – паралельна; б – змішана.

Згідно Рис.4.154 для паралельної і змішаної структури вихідний сигнал регулятора $y(t)$ визначається відповідно за наступними рівняннями:

$$y(t) = K_p E(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t E(t) dt + T_d \frac{dE(t)}{dt}; \quad (4.25)$$

$$y(t) = K_p E(t) + \frac{k_p}{T_i} \int_0^t E(t) dt + T_d \frac{dE(t)}{dt}, \quad (4.26)$$

де K_p – коефіцієнт пропорційності регулятора (параметр 11 K_p); T_i – час інтегрування (параметр 09 T_i); T_d – час диференціювання (параметр 10 T_d); t – час.

З виходу ПІД-регулятора сигнал $y(t)$ прямує на суматор 14, до якого також надходить сигнал передування вузла FEED FORWARD (13). Для того щоб у блоці ПІД-регулятора з'явився вхід від вузла 13 необхідно параметр 25FF_V зробити «зв'язаним». Сигнал з цього входу підсилюється чи послаблюється коефіцієнтом підсилення K_{FF} , що задається параметром 26FF_G та обмежується за допомогою завдання у параметрах 27FF_H і 28FF_L, та прямує далі на суматор. Отже, вихідний сигнал з ПІД-регулятора підсумовується з вихідним сигналом П-регулятора каналу передування. Далі цей сигнал з вузла 14 йде на вузол обмеження 15(LJM) з параметрами 19OUT_H і 20OUT_L, за яких забезпечується сигналізація досягнення цих значень обмежень на дискретних виходах 05dOUT_H і 06dOUT_L.

У подальшому регулюючий сигнал проходить через вузол 16 встановлення на виході регулятора безпечного значення впливу (TRACK). Якщо команда на завдання безпечного положення відсутня, то регулюючий сигнал проходить через вузол 16 без змін. Сигнал на завдання безпечного положення подається на вхід прм(07), для чого блок PID(60) має бути переведений у режим СУ (параметр 07 dTRK=1). При цьому вузол 16 відключить регулюючий сигнал ПІД-регулятора, а на виході буде встановлений вплив, що заданий користувачем за допомогою параметра 21 TRK_V.

З виходу вузла 16 сигнал проходить вузол 18 вибору режиму роботи регулятора MODE (ручний/автомат). Цей вибір здійснюється з передньої панелі контролера або задається у параметрі 08nMODE вузла 17 (Manual). В автоматичному режимі роботи регулюючий сигнал ПІД-регулятора прямує на вихід 07OUT, а в ручному режимі –

регулювання здійснюється з передньої панелі приладу або по інтерфейсу з верхнього рівня (наприклад зі SCADA-системи). В останньому випадку значення переміщення виконавчого пристрою записується у параметри 14OUT.

На рис 4.155 наведений приклад застосування блоку PID(60) для реалізації АСР стабілізації технологічного параметру – температури. У випадку необхідності реалізації каскадної АСР для забезпечення рівномірного нагріву у ємності використовуються два блоки PID(60), приклад застосування яких представлено на рис.4.156.

Блок *PID_IMP(62)* – регулятор імпульсний – призначений для побудови контурів з ПІД-алгоритмом регулювання в комплекті з імпульсними виконавчими пристроями. Функціональний блок виконує ідентичні функції з додатковими можливостями, що і блок PID(60).

Позначення і призначення усіх існуючих входів-виходів та параметрів блоку PID(62) представлені у табл.4.69, а повна його функціональна схема наведена на рис.4.157.

У порівнянні з попереднім блоком в імпульсному блоці замість вузла FB застосований вузол DB, що забезпечує настроювання зони нечутливості за допомогою параметра 35FB, а на виході – вузли імпульсного перетворювання PULSE та внутрішнього інтегрування INTEGR. Вузол PULSE формує на виході регулятора імпульсні сигнали «більше»-«менше» які прямують на виходи 05dUP і 06dDN та на вузол INTEGR. Останній забезпечує формування інтегрованого (розрахованого) завдання положення виконавчого пристрою, яке виводиться на передню панель дисплею «Вихід», а також може бути використано на верхньому рівні за рахунок параметра 22POZ . У разі використання зовнішнього зворотнього зв'язку, параметр 22POZ має бути «зв'язаним» і на вхід прм(22) необхідно подати сигнал від датчика положення виконавчого пристрою. При цьому на дисплеї «Вихід» буде показано реальне значення положення виконавчого пристрою.

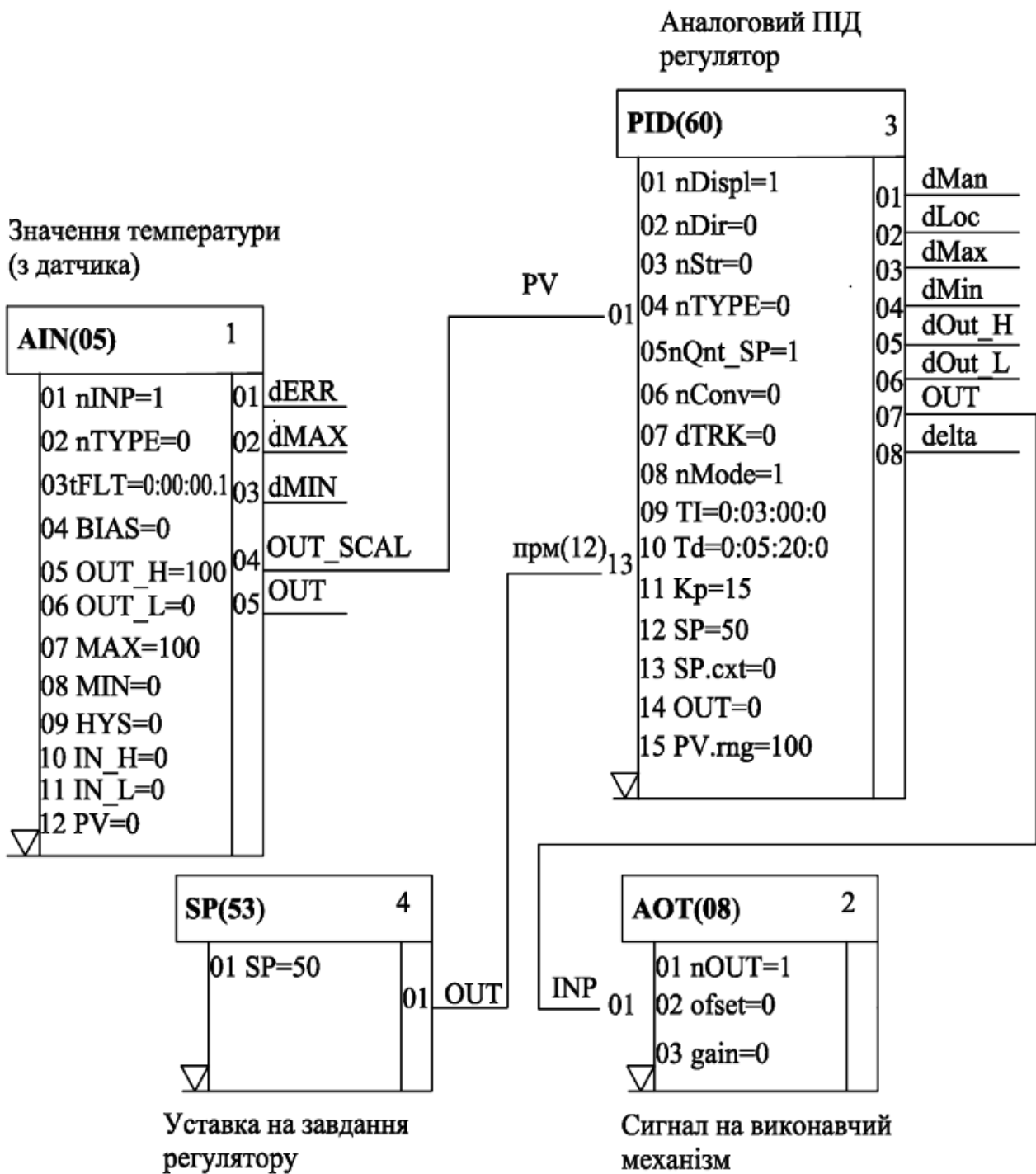


Рис.4.155. Приклад реалізації АСР стабілізації температури за допомогою блоку PID(60).

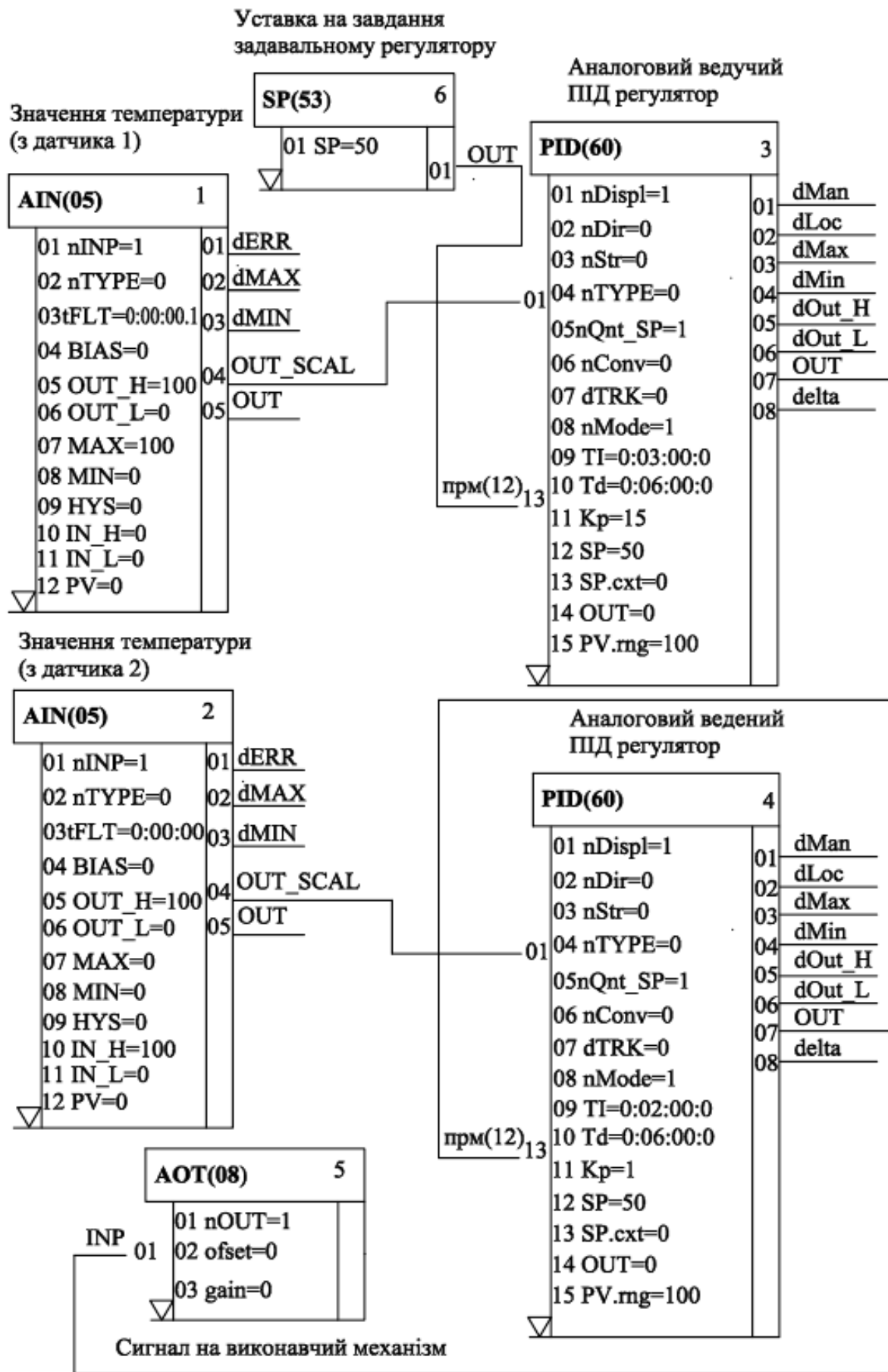


Рис.4.156. Приклад реалізації каскадної АСР (двоконтурної) температури за допомогою блоків PID(60).

Таблиця 4.69. Позначення і призначення параметрів та входів-виходів блоку *PID(62)*.

N п/п	Входи-параметри-виходи			Призначення
	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	NP	Дійсне		Вхід регулятора
Параметри				
01	nDISP	1-9	1	Номер дисплея
02	nDIR	0/1	0	Напрямок дії регулятора (0-зворотній, 1-прямий)
03	nSTR	0/1	0	Структура регулятора (0-паралельний, 1-змішаний)
04	nTYPE	0,1,2	0	Тип регулятора 0- без зворотнього зв'язку, 1- з датчиком положення ВМ (індикація)
05	SP_Q	1,2		Кількість використовуваних завдань (1-внутрішня задана точка, 2- внутрішня/зовнішня задана точка)
06	nCONV	0, 1, 2, 3, 4, 5	0	$y=x$ $y=\sqrt{X}$ $y=\log(X)$ $y=e^X$ $y=X^2$ $y=1/X$
07	dTRK	0/1	0	Команда встановлення на виході регулятора безпечного значення впливу (параметр 21 TRK_VAL)

Продовження табл.4.69

08	nMODE	0,1,2	0	Режим роботи (0-РУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
09	tCTRL	Час	0:01:03:0	Час механізму
10	tMIN	Час	0:00:00:1	Мінімальна тривалість імпульсу
11	tDELAY	Час	0:00:00:1	Затримка між включеннями (dUP-dDN, dDN-dUP)
12	TI	Час	0:02:00:0	Час інтегрування регулятора
13	TD	Час	0:00:00:0	Час диференціювання регулятора
14	KP	Дійсне	1	Коефіцієнт підсилення регулятора
15	SP	Дійсне	0	Завдання регулятора
16	SP_EXT ERN	Дійсне	0	Зовнішнє завдання регулятора
17	Delta_O UT	- 100..100 %	0	Переміщення виходу регулятора (-100÷100) %
18	PV_RA NGE	Дійсне	100	Діапазон змін вхідного сигналу
19	SP_H	Дійсне	100	Обмеження завдання (верхнє)
20	SP_L	Дійсне	0	Обмеження завдання (нижнє)
21	SP_RAT E	Дійсне	100	Швидкість зміни завдання, техн. од./хв.
22	POZ	Дійсне	0	Положення механізму 0-100%. Внутрішній інтегратор ВМ або сигнал датчика положення
23	TRK_V AL	Дійсне	0	Значення безпечного впливу
24	MAX	Дійсне	0	Уставки сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки (сигналізація девіаційна)
25	MIN	Дійсне	0	
26	HYS	Дійсне	0	Гістерез сигналізації параметра

Закінчення табл.4.69

27	FF_VA L	Дійсне	0	Передування керуючого впливу регулятора
28	FF_GAI N	Дійсне	0	Коефіцієнт підсилення передування
29	FF_H	Дійсне	0	Обмеження передування (верхнє)
30	FF_L	Дійсне	0	Обмеження передування (нижнє)
31	COR_V AL	Дійсне	0	Вхід ланки корекції регульованого параметра
32	COR_G AIN	Дійсне	0	Коефіцієнт підсилення сигналу корекції
33	COR_H	Дійсне	0	Обмеження сигналу корекції (верхнє)
34	COR_L	Дійсне	0	Обмеження сигналу корекції (нижнє)
35	DB	Дійсне	0	Мертва зона
Виходи				
01	dMAN	0/1	-	Стан регулятора (0-авт., 1-ручн.)
02	dLOC	0/1		Задана точка, що використовується (0-зовнішня, 1-внутрішня)
03	dMAX	0/1	-	Сигналізація перевищення входним параметром уставки MAX
04	dMIN	0/1	-	Сигналізація перевищення входним параметром уставки MIN
05	dUP	0/1	-	Вихід регулятора. Сигнал «Більше»
06	dDN	0/1	-	Вихід регулятора. Сигнал «менше»
07	Delta_O UT	- 100..100 %	-	Переміщення виходу регулятора
08	DELTA	Дійсне	-	Розузгодження

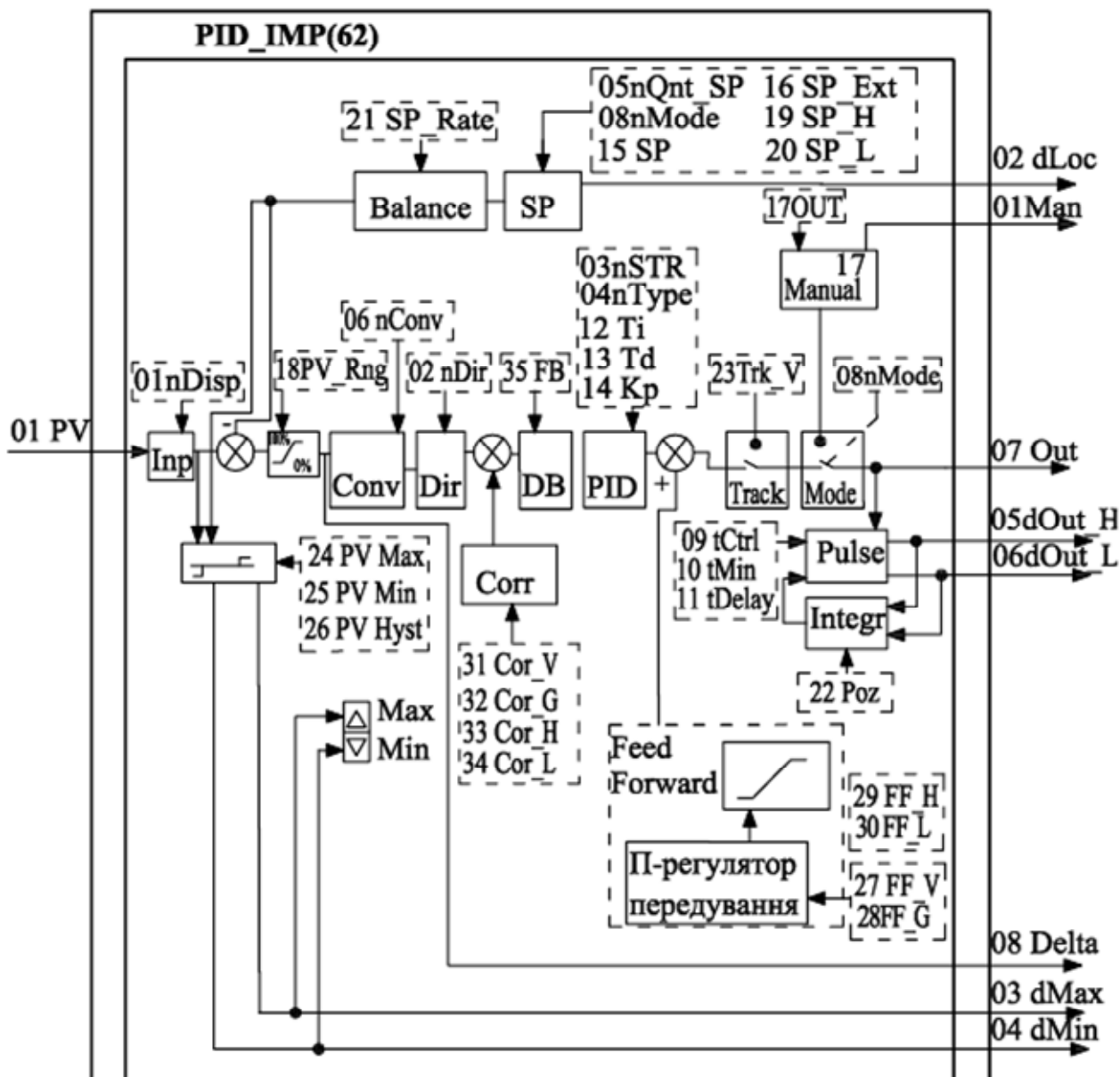


Рис.4.157. Функціональна схема імпульсного блоку PID(62).

На рис 4.158 наведено приклад застосування блоку PID(62) для реалізації АСР стабілізації технологічного параметра – температури.

Блок *AND(19)* – логічне «І» – застосовується для формування дискретного сигналу, що є результатом логічної операції «І» над двома дискретними вхідними сигналами dIN1 і dIN2.

Блок *AND(19)*, функціональна схема якого наведена на рис.4.159, формує вихідний сигнал за рівнянням:

$$dOUT = dIN1 \times dIN2 \quad (4.27)$$

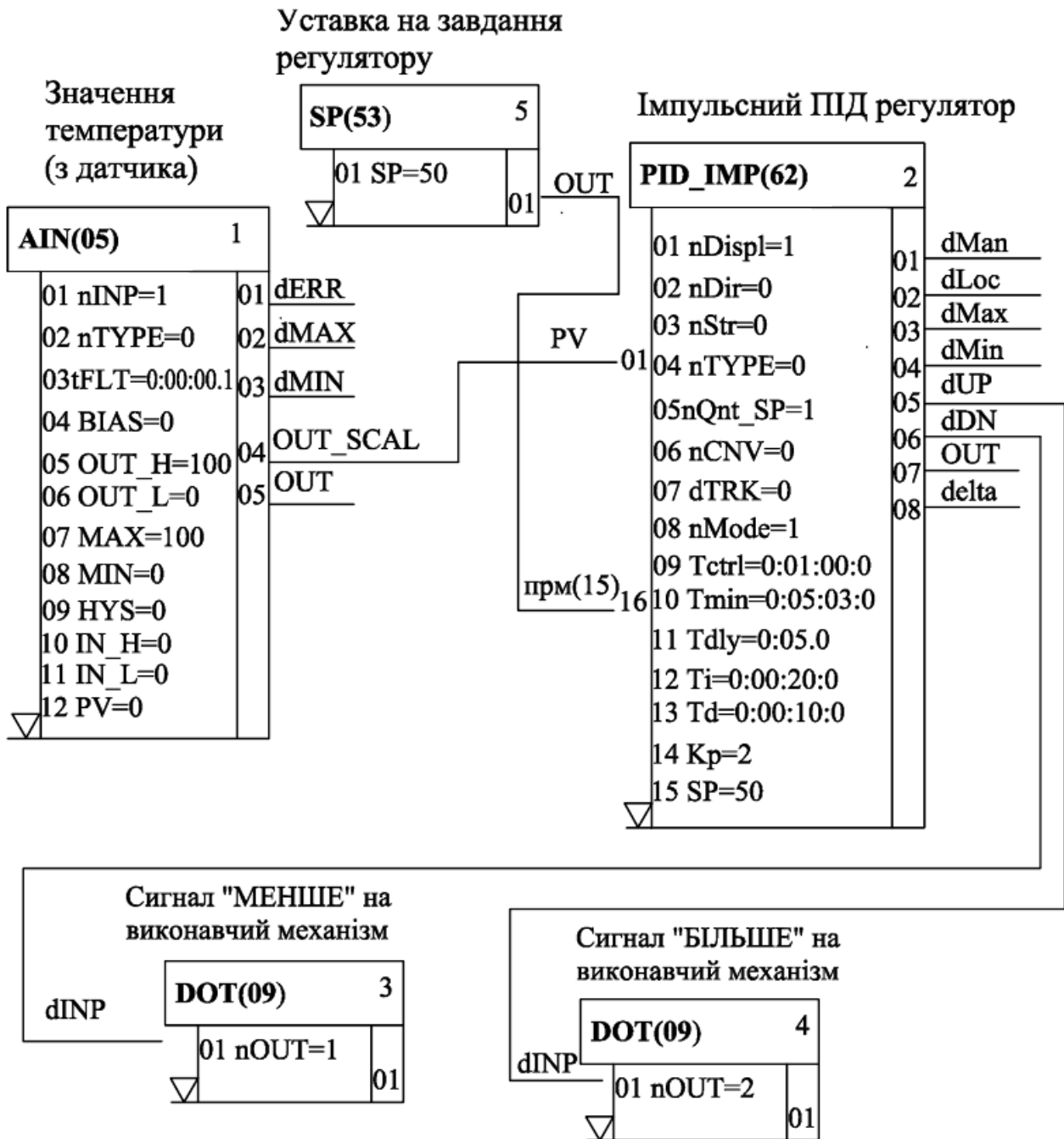


Рис.4.158. Приклад реалізації АСР стабілізації температури за допомогою блоку PID(62).

Позначення та призначення входів-виходів блоку представлені у табл.4.70, а на рис.4.160 – приклад застосування блоку AND(19).

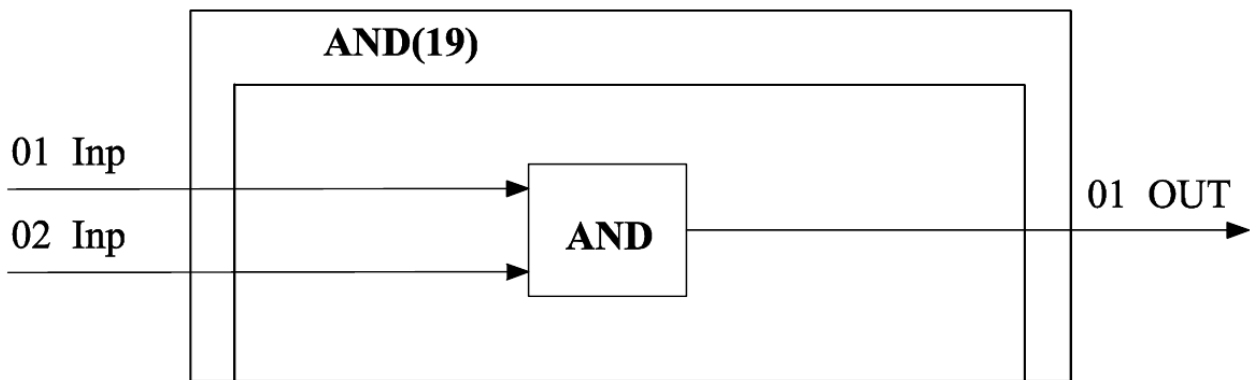


Рис.4.159. Функціональна схема блоку *AND(19)*.

Таблиця 4.70. Позначення і призначення входів-виходів блоку *AND(19)*.

N п/п	Входи-параметри-виходи			Призначення
	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	dNP1	0/1	-	Вхід блока
02	dNP2	0/1	-	Вхід блока
Вихід				
01	dOUT	0/1	1	Вихід блока

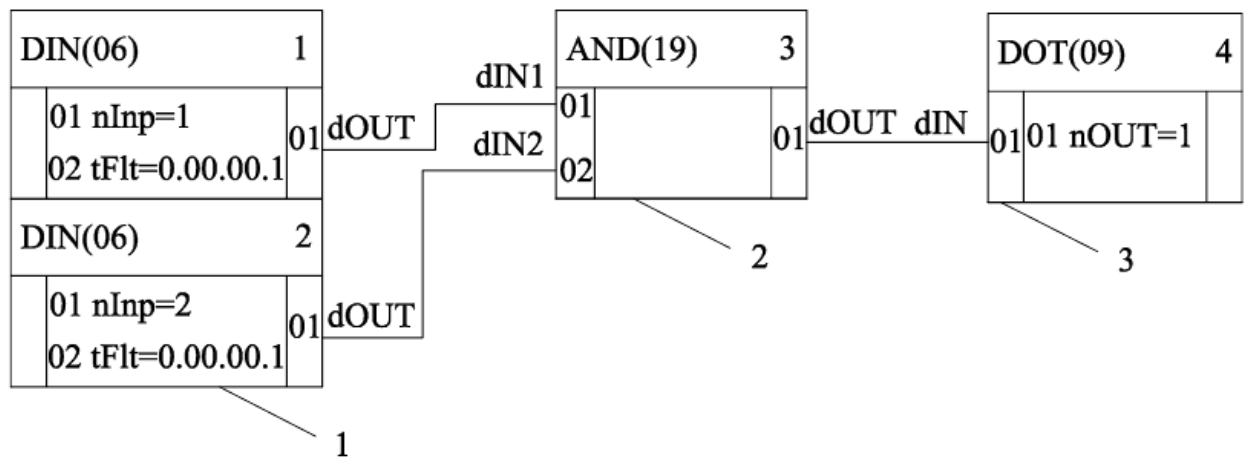


Рис.4.160. Приклад застосування блоку *AND(19)*: 1 – блок дискретного вводу, призначений для зв'язування з апаратною частиною контролера – його дискретним вводом; 2 – блок логічний «І», реалізує логічну операцію «І»; 3 – блок дискретного виводу, призначений для зв'язування з апаратною частиною контролера – його дискретним виводом.

Блок *OR(21)* – логічне «АБО» – застосовується для формування дискретного сигналу, що є результатом логічної операції «АБО» над двома дискретними вхідними сигналами *dIN1* і *dIN2*. Блок, функціональна схема якого наведена на пс.4.161, формує вихідний сигнал за рівнянням:

$$dOUT = dIN1 + dIN2 \quad (4.28)$$

Позначення та призначення входів-виходів блоку представлені у табл.4.71, а приклад використання його – на рис.4.140 і 4.144.

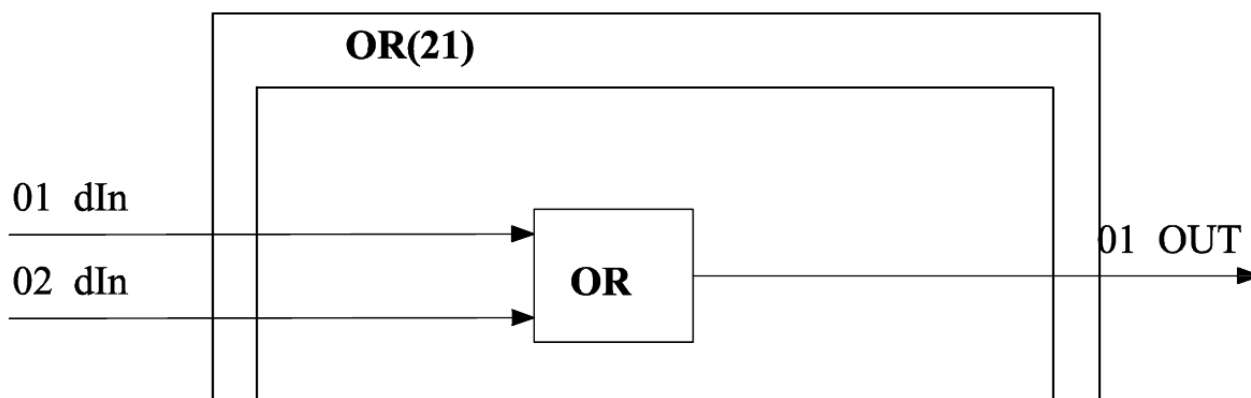


Рис.4.161. Функціональна схема блоку *OR(21)*.

Таблиця 4.71. Позначення і призначення входів-виходів блоку *OR(21)*

N п/п	Входи-параметри-виходи			Призначення
	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	dNP1	0/1	-	Вхід блока
02	dNP2	0/1	-	Вхід блока
Вихід				
01	dOUT	0/1	1	Вихід блока

Виконання функціональних схем здійснюється за допомогою функціональних блоків, перелік та конфігурація яких визначається складністю задачі тієї чи іншої системи керування. Можливості конфігурування не залежать від функціонального блоку і визначаються наступними правилами:

- не може бути вільних (непідключених) входів функціонального блоку;
- на будь-якому вході функціонального блоку сигнал можна інвертувати (у початковому стані інверсія відсутня);
- до будь-якого входу функціонального блоку існує можливість підключення спеціального функціонального блоку, який задає сигнал у вигляді значення (константи чи коефіцієнта);
- виходи функціонального блоку можуть залишатися вільними не підключеними.

Окремі фрагменти виконання функціональних схем в процесі конфігурування функціональних блоків вже були наведені при розгляді бібліотеки цих блоків. Для більш повного уявлення про процес побудови FBD-програм у графічному вигляді нижче, а саме на рис.4.162, наведена функціональна схема АСР температури .

Згідно схеми основний контур регулювання утворюють функціональні блоки АІН(05), РІД(60), SP(53), DOT(09) і АОТ(08). У функціональному блоці АІН показані номер фізичного аналогового входу, тип датчика, діапазон вимірювання датчика та уставка верхньої межі сигналізації. У функціональному блоці РІД вказані номер (№) дисплею індикації в панелях регулятора, а далі – потрібні користувачу параметри, такі як структура, напрямок дії, режим роботи, ПІД коефіцієнти, діапазон зміни регульованого параметра, обмеження завдання та виходу регулятора. У блоках SP і АОТ вказані відповідно значення завдання і номер фізичного аналогового виходу. Для індикації параметрів (завдання, поточного значення регульованої температури, виходу регулятора) застосований функціональний блок USER(63), у якому показані номер (№) дисплею індикації і тип сигналів параметрів для індикації. Функціональний блок DOT забезпе-

чує вивід дискретного сигналу для сигналізації у разі перевищення аналоговим сигналом температури граничного значення.

За допомогою функціональних блоків LAN_SV(01) і LAN_OUT(04) забезпечується обмін інформацією між двома контролерами. При цьому у блоці LAN_SV вказані кількість пристроїв, що приймають участь у запланованому обміні повідомленнями, мережна адреса (номер) контролера з блоком LAN_OUT та наведені номери блоків, від яких по інтерфейсу надходить інформація до іншого контролера .

Найчастіше FBD-програму графічного вигляду для зручності вводу її з передньої панелі контролера представляють у табличному вигляді. Фрагмент такої програми тільки для конфігурації трьох функціональних блоків AIN(05), PID(60) і AOT(08) згідно рис.4.162 представлений у табл.4.72.

Таблиця 4.72. Табличний вид запису FBD-програми

Алгоритми				Конфігурація					Настройки		
№	шифр	№	Мод.	№ бл.	№ вх.	№ бл.	№ вих.	Ім'я входу	№ параметра	Ім'я параметра	Значення
02	AIN	05	0000	01					01	nINP	1
									02	nType	2
									03	tFLT	0:00:00:5
									04	BIAS	0.000
									05	OUT_H	200.0
									06	OUT_L	-50.0
									07	MAX	150.0
									08	MIN	0.000
									09	HYS	0.000
									10	IN_H	xxxx

Продовження табл.4.72

									11	IN_L	xxxx	
									12	PV	0.000	
03	PID	60	0012	01	03	01	02	04	PV	01	nDISP	1
										02	nDIR	0
										03	nSTR	0
										04	nTYPE	0
										05	SP_Q	1
										06	nCONV	0
										07	dTRK	0
										08	nMODE	1
										09	TI	0:00:20:0
										10	TD	0:00:00:0
										11	KP	1.000
										12	SP	90.00
										13	SP_EX TERN	0.000
										14	OUT	0.000
										15	PV_RA NGE	250.0
										16	SP_H	150.0
										17	SP_L	0.000
										18	SP_RATE	5.000
										19	OUT_H	100.0
										20	OUT_L	0.000
										21	TRK_VAL	0.000
										22	PV_MAX	120.0
										23	PV_MIN	0.000
										24	PV_HYS	0.000
										25	FF_VAL	0.000
										26	FF_GAIN	0.000
										27	FF_H	0.000

Закінчення табл.4.72

										28	FF_L	0.000
										29	COR_VAL	0.000
										30	COR_GAIN	0.000
										31	COR_H	0.000
										32	COR_L	0.000
										33	FB	0.000
05	AOT	08	0045	01	05	01	03	07	INP	01	nOUT	1
										02	-	0.000
										03	-	0.000

Увід програми здійснюється у режимі програмування після чого виконується запис її у енергонезалежну пам'ять. Далі проводиться калібрування вхідного і вихідного аналогового сигналу, підключаються вхідні і вихідні сигнали до контролера (датчик і виконавчий пристрій). Для аналогового входу тип датчика вказаний параметром nTYPE блоку AIN, який має співпадати з встановленим за допомогою перемичок типом входу на платі процесора і клемно-блоковому з'єднувачі. Після цього контролер може бути переведений у режим роботи з переходом на панель відображення регуляторів.

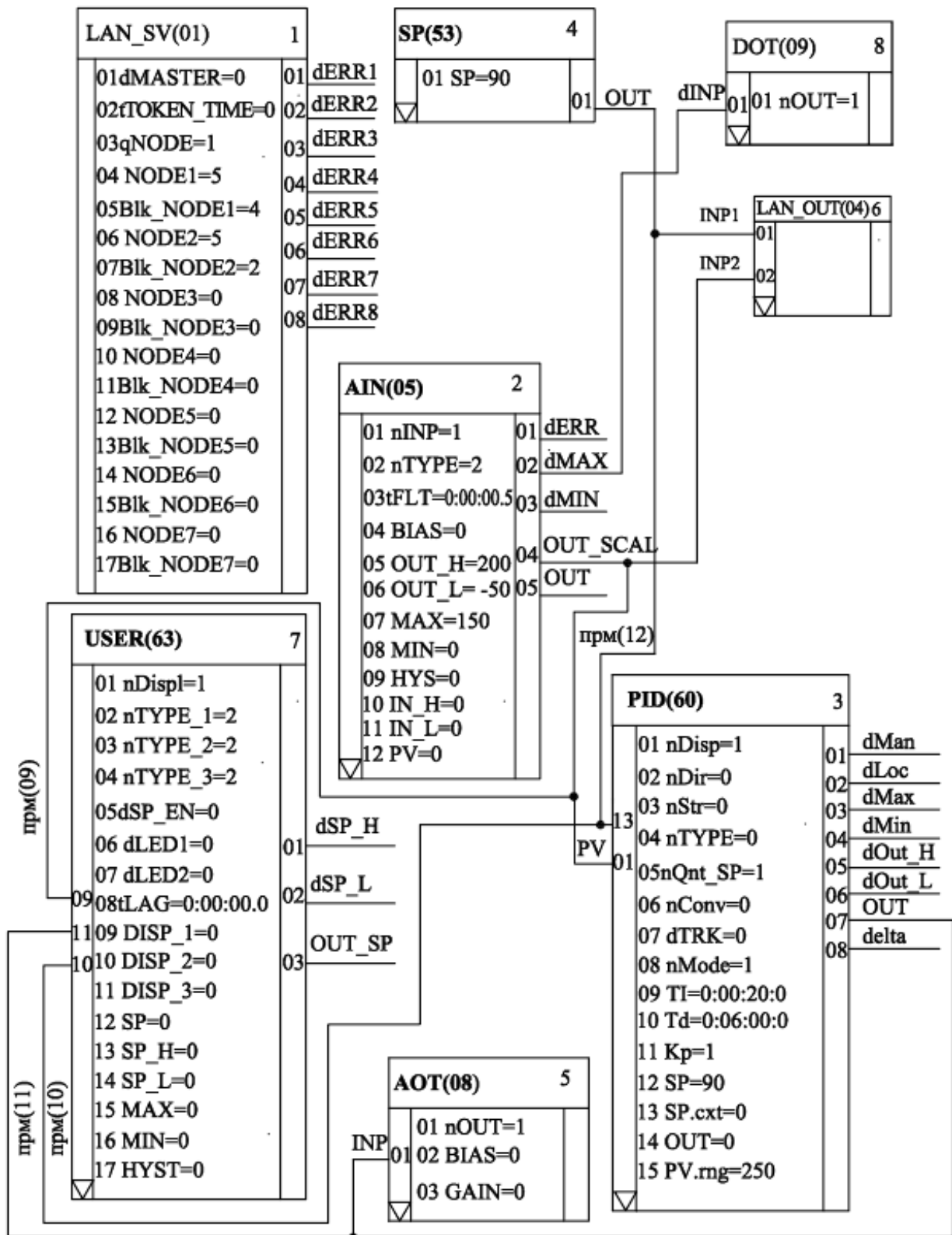


Рисунок 4.162. Функціональна схема АСР регулювання температури (FBD-програма).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: підруч. для студентів вищих навч. закладів / [І.О. Фурман, В.А. Краснобаєв, П.П. Рожков та ін.]; за ред. І.О. Фурмана. – Х: Факт, 2006. – 317 с.
2. Балакирев, В. С. Технические средства автоматизации химических производств. Справочник / В. С. Балакирев, Л.А. Барский, А. В. Бугров. – М.: Химия, 1991. – 272 с.
3. Каган Б.М. Основы проектирования микропроцессорных устройств автоматики / Б.М. Каган, В.В. Сташин. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 304 с.
4. Каталог 2012. Оборудование для автоматизации. – М.: Изд-во ОВЕН, 2012. – 384 с.
5. Каталог продукции 2008. Средства автоматизации технологических процессов. – Ивано-Франковск: Изд-во ООО «МІКРОЛ», 2008. – 77 с.
6. Контроллер микропроцессорный МИК-51, МИК-51Н, МИК-52, МИК-52Н. Руководство по эксплуатации ПРМК.421457.005РЭ2. – Ивано-Франковск: Изд-во ООО «МІКРОЛ», 2013. – 231 с.
7. Контроллер микропроцессорный МИК-51. Руководство по эксплуатации ПРМК.421457.005 РЭ1. – Ивано-Франковск.: Изд-во ООО «МІКРОЛ», 2013. – 107 с.
8. Контроллеры многофункциональные КР-500. Руководство по эксплуатации КГЖТ.421457.005 РЭ1. Книга 1.2. Библиотека алгоритмов. – Чебоксары: Изд-во ЗАО «ВОЛМАГ», 2006. – 176 с.
9. Контроллеры многофункциональные КР-500. Руководство по эксплуатации КГЖТ.421457.002 РЭ1. Книга 3. Сети. – Чебоксары: Изд-во ЗАО «ВОЛМАГ», 2006. – 47 с.
10. Контроллеры многофункциональные КР-500. Руководство по эксплуатации КГЖТ.421457.005 РЭ2. Конструкции составных частей и блоков. Внешние соединения. – Чебоксары: Изд-во ЗАО «ВОЛМАГ», 2006. – 77 с.

11. Локальная сеть. Виды локальных сетей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://pro-spo.ru/network-tech/3011-2012-03-06-11-42-08>.

12. Мікроелектронні засоби програмного керування: підручник / [І. О. Фурман, М. Л. Малиновський, В. Г. Джулгаков та ін.]. – Х.: Факт, 2007. – 486 с.

13. Микропроцессорные автоматические системы регулирования. Основы теории и элементы: учеб. пособие / [В. В. Солодовников, В. Г. Коньков, В. А. Суханов и др.]; под ред. В. В. Солодовникова. – М.: Высш. школа, 1991. – 255 с.

14. Основи вимірювань та автоматизації технологічних процесів: підруч. для студентів вищ. навч. закладів [А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, Ю.А. Бабіченко та ін.]; за ред. А.К. Бабіченка: - Х.: ТОВ "С.А.М", 2009 р. – 616 с.

15. Промышленный Ethernet в системах промышленной автоматизации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.bookasutp.ru/Chapter2_9.aspx.

16. Промышленная сеть Profibus. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.bookasutp.ru/Chapter2_7.aspx.

17. Промислові засоби автоматизації. Ч2 «Регулювальні і виконавчі пристрої: навч. посібник для студентів вищих навч. закладів / [А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов та ін.]; за ред. А.К. Бабіченка. – Х.: Вид-во НТУ «ХП», 2003. – 658 с.

18. Profibus. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://xn--b1afjrvh2f.xn--p1ai/index.php/lektsii/protokoly/kanalnyj-uoven/protokoly/80-profibus>.

19. Регулятор микропроцессорный МИК-25-05. Руководство по эксплуатации ПРМК.421457.103РЭ. – Ивано-Франковск: Изд-во ООО «МІКРОЛ», 2013. – 77 с.

20. Регулятор микропроцессорный МТР-8. Руководство по эксплуатации ПРМК.421457.203РЭ. – Ивано-Франковск: Изд-во ООО «МІКРОЛ», 2013. – 81 с.

21. Романенко В.Д. Адаптивное управление технологическими процессами на базе микроЭВМ: учеб. пособие для вузов / В.Д. Романенко, Б.В. Игнатенко. – К.: Вища школа, 1990. – 334 с.
22. Сети Fast Ethernet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:http://citforum.ru/nets/lvs/glava_1.shtml.
23. Сети Fast Ethernet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:http://bookasutp.ru/Chapter3_3.aspx.
24. Технология Ethernet (802.3). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://matveev.kiev.ua/archnet/glava3/006.htm>.
25. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры: учебн. пособие / [И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г. Схиртладзе и др. – М.: Машиностроение, 2004. –180 с.
26. Тули М. Справочное пособие по цифровой электронике: пер. с англ. / М. Тули. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 176 с.
27. Универсальный микропроцессорный ПИД-регулятор МИК-28. Руководство по эксплуатации ПРМК.421457.105РЭ. – Ивано-Франковск: Изд-во ООО «МІКРОЛ», 2013. – 81 с.
29. Шишов О.В. Современные технологии промышленной автоматизации / О.В. Шишов. – Саранск.: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. –273 с.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Загальні відомості про мікропроцесорні засоби автоматизації (<i>Бабіченко А.К, Вельма В.І., Красніков І.Л.</i>).....	7
1.1. Класифікація та основні визначення мікропроцесорних засобів.....	7
1.2. Способи представлення інформації для мікропроцесорних засобів.....	9
1.3. Типові логічні елементи та вузли мікропроцесорів та мікропроцесорних систем.....	12
1.4. Структурна схема та функціонування мікропроцесора... Структурна схема МП(20). Функціонування МП(24)	20
1.5. Інтерфейс мікропроцесорних систем..... Внутрішньомашинний інтерфейс (30). Порти вводу-виводу (33). Зовнішній інтерфейс (35). Інтерфейс системний (43).	29
2. Технічна структура та функціональний склад автоматизованих систем керування технологічних процесів (<i>Бабіченко А.К, Бабіченко Ю.А., Лисаченко І.Г., Вельма В.І.</i>)	47
2.1. Варіанти технічної структури АСКТП..... Централізована структура (47). Децентралізована структура (48). Багаторівнева структура (49).	47
2.2. Промислові мережі..... OSI-модель взаємозв'язку відкритих мережних систем (53). Топологія мереж (55). Вибір типу промислової мережі (56). Найбільш поширені промислові мережі (57). Модернізація промислових мереж (84).	52
2.3. Програмне забезпечення АСКТП Системне програмне забезпечення (86). Прикладне програмне забезпечення (87). Стандарт мов програмування параметрів (90). Системи програмного забезпечення контролерів (95).	86
3. Загальні відомості про регулюючі прилади	

<i>(Бабіченко А.К, Красніков І.Л., Дзевочко О.М.)</i>	99
3.1. Комплекс мікропроцесорних вимірювачів-регуляторів серії ОВЕН ТРМ.....	99
Вимірювач-регулятор 2ТРМ1 (102). Вимірювач-регулятор ТРМ10 (105). Вимірювач-регулятор ТРМ101 (107).	
3.2. Комплекс мікропроцесорних приладів «МИНИТЕРМ»..	108
Регулятори МИНИТЕРМ 400 (110). Регулятори МИНИТЕРМ 450 (125).	
3.3. Комплекс мікропроцесорних регуляторів серії РТЕ.....	126
3.4. Комплекс мікропроцесорних вимірювачів-регуляторів серії МІК та МТР	137
Вимірювач-регулятор МІК-21 (138). Вимірювач-регулятор МІК-25 (150). Вимірювач-регулятор багатоканальний МТР-8 (151).	
3.5. Визначення параметрів настроювання.....	159
4. Програмовані логічні контролери <i>(Бабіченко А.К, Красніков І.Л., Бабіченко Ю.А, Подустов М.О.)</i>	161
4.1. Загальні відомості.....	161
4.2. Малоканалний багатофункціональний контролер «Реміконт Р-130».....	165
Склад мікроконтролера (168). Бібліотека алгоритмів контролера (185). Виконання функціональних схем (225). Введення-виведення інформації (229). Приклади побудови автоматичних систем регулювання (250). Локальна керуюча мережа «Транзит» (262).	
4.3. Модернізований малоканалний багатофункціональний контролер «Реміконт Р-130М».....	263
4.4. Багатоканальний багатофункціональний контролер КР-500.....	265
Склад контролера (267). Блок контролера (271). Шлюзовий мікроконтролер (273). Модулі зв'язку з об'єктом (275). Блоки живлення (287). Блоки керування електродвигунами ре-	

версивні (288). Перетворювач інтерфейсу (289). Блоки підсилення потужності та перемикання (292). Пульт оператора (293). Допоміжні пристрої і блоки (295). Мережна структура АСКТП (300). Технологічне програмування контролера (307). Бібліотека алгоритмів (308). Виконання функціональних схем (343).

4.5. Малоканальний багатофункціональний контролер МК-51	346
Функціональна структура контролера (347). Склад контролера (348). Клемно-блокові з'єднувачі (350). Модулі розширення (355). Мережна архітектура (359). Режими роботи контролера (361). Бібліотека функціональних блоків (368). Виконання функціональних схем (423).	
Список літератури.....	428

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ ПОДАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ ПОДАТОК

ДЛЯ ПОТАТОК

ДЛЯ ПОТАТОК

Навчальне видання

Мікропроцесорні засоби в автоматизованих системах
керування технологічними процесами

Підручник

БАБІЧЕНКО Анатолій Костянтинович

КРАСНІКОВ Ігор Леонідович

БАБІЧЕНКО Юлія Анатоліївна

ВЕЛЬМА Володимир Іванович

ЛИСАЧЕНКО Ігор Григорович

ПОДУСТОВ Михайло Олексійович

ДЗЕВОЧКО Олександр Михайлович

В авторській редакції

Друкарня ТОВ "Водний Спектр Джі-Ем-Пі"

Друк офсетний

Підп. до друку 10.09.2016 р. Формат 60x84 1/16

Папір офсетний. Друк офсетний. Гарнітура Times.

Ум. друк. арк. 30,25. Обл.-вид. арк. 31. Наклад 350 прим.

Зам. № ВС-06/07/1-16. Ціна договірна

61002, Харків, вул. Весніна, 12