

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

# **Проектування систем автоматизації**

## **Розділ 2**

### **Конфігурування систем автоматизації SIMATIC**

#### **Конспект лекцій**

для студентів спеціальності 151

«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Краматорськ 2018

Проектування систем автоматизації. Розділ 2: Конфігурування систем автоматизації SIMATIC. Конспект лекцій для студентів спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології») / Укл. О. О. Сердюк. - Краматорськ: ДДМА, 2018. - 117 с.

Розглянуті апаратні засоби контролерів і розподіленої периферії систем автоматизації SIMATIC. Викладені принципи й наведені методики конфігурування систем автоматизації SIMATIC S7-300/400. Освітлені питання організації комунікацій і застосування регуляторів.

Укладач

СЕРДЮК Олександр Олександрович, доц.

Відп. за випуск

КЛИМЕНКО Галина Петрівна, проф.

## ЗМІСТ

1 ПРОЕКТУВАННЯ ЦЕНТРАЛЬНИХ СТАНЦІЙ SIMATIC .....	4
1.1 Ієрархічна організація проекту системи автоматизації SIMATIC .....	4
1.2 Організація програмувальних контролерів S7-300/400 .....	7
1.3 Механічна конфігурація контролера (станції) .....	9
1.4 Принципи адресації й організація роботи в адресному просторі.....	14
1.5 Конфігурування станцій у програмному середовищі STEP 7 .....	19
1.6 Параметрування модулів і інтерфейсів .....	24
Контрольні питання .....	25
2 ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БАЗОВИХ МОДУЛІВ .....	27
2.1 Центральні процесори (CPU) .....	27
2.2 Інтерфейсні модулі (IM) .....	30
2.3 Комунікаційні процесори (CP).....	33
2.4 Функціональні модулі (FM) .....	37
2.5 Цифрові модулі введення-виводу (SM).....	41
2.6 Аналогові модулі введення-виводу (SM) .....	44
Контрольні питання .....	49
3 ПРОЕКТУВАННЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ ПЕРИФЕРІЇ .....	50
3.1 Правила проектування децентралізованої периферії.....	50
3.2 Проектування розподіленої периферії на PROFIBUS-DP .....	53
3.3 Принципи організації розподіленої периферії з AS-інтерфейсом .....	57
3.4 Конфігурування станції децентралізованої периферії ET200M.....	59
3.5 Конфігурування станції децентралізованої периферії ET200S .....	63
Контрольні питання .....	69
4 ПРОЕКТУВАННЯ КОМУНІКАЦІЙ SIMATIC .....	70
4.1 Базові поняття про з'єднання.....	70
4.2 Принципи створення комунікацій у мережах .....	72
4.3 Ресурси з'єднань .....	76
Контрольні питання .....	79
5 СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ SIMATIC ТА ЇХ ВИБІР.....	80
5.1 Особливості процесів регулювання .....	80
5.2 Розподіл регуляторів по призначенню й виконанню.....	83
5.3 Розподіл по регульованих величинах .....	86
5.4 Форми вхідних і вихідних сигналів у регуляторах PLC .....	87
5.5 Огляд і вибір регуляторів SIMATIC .....	91
5.6 Забезпечення якості регулювання.....	94
6 ОБЛІК ВПЛИВІВ ВИКОНАВЧИХ ПРИСТРОЇВ І СЕНСОРІВ .....	100
6.1 Вплив виконавчих органів на регулювання .....	100
6.2 Вплив вимірювальної техніки на регулювання.....	105
6.3 Підключення пристроїв і регулятора в SIMATIC Manager .....	113
ЛІТЕРАТУРА.....	117

# 1 ПРОЕКТУВАННЯ ЦЕНТРАЛЬНИХ СТАНЦІЙ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ SIMATIC

## 1.1 Ієрархічна організація проекту системи автоматизації SIMATIC

SIMATIC — це торговельна марка концерну Siemens AG, який відомий своїми засобами автоматизації технологічних процесів, виробництв і підприємств: Назва SIMATIC поєднує “Siemens” і “Automatic” в одному слові.

До систем автоматизації SIMATIC належать:

- лінійки програмувальних логічних контролерів (ПЛК) – SIMATIC S5, SIMATIC S7;
- мережні розв'язки SIMATIC NET на основі промислових мереж Profinet, Industrial Ethernet, PROFIBUS, AS-interface;
- засоби людино-машинного інтерфейсу SIMATIC HMI і HMI-додатки (SIMATIC ProTool; SIMATIC WinCC);
- DCS-система SIMATIC PCS 7;
- Промислові комп'ютери ПК (SIMATIC IPC);
- програмна платформа для розробки MES (системи оперативного керування виробництвом) – SIMATIC IT.

Першою вільно програмувальною системою автоматизації стала система SIMATIC S5 (1978-1979 г.). В 2005 р. вона була замінена на систему SIMATIC S7, яка розбудовується й підтримується дотепер.

До програмувальних логічних контролерів SIMATIC S7 належать контролери S7-200, S7-1200, S7-300 і S7-400. Контролери S7-200 і S7-1200 призначені для розв'язку простих завдань нижнього рівня керування, а контролери S7-300 і S7-400 можуть застосовуватися для розв'язку складних завдань автоматизації виробництва.

Для програмування контролерів Siemens розробив власне ПО:

- для ПЛК SIMATIC S7-200 – ПО SIMATIC STEP 7 Micro/Win;
- для ПЛК SIMATIC S7-1200 – ПО SIMATIC STEP 7 Basic;
- для ПЛК SIMATIC S7-300 і S7-400 – ПО SIMATIC STEP 7

SIMATIC STEP 7 – це найбільш потужна на теперішній час система програмування контролерів. За допомогою цієї програми виконується комплекс робіт зі створення й обслуговуванню систем автоматизації на основі ПЛК S7-300 і S7-400.

В основі STEP 7 лежить концепція проекту, під яким розуміється комплексний розв'язок завдання автоматизації. Роботу із проектом у цілому забезпечує головна утиліта STEP 7 — SIMATIC Manager.

Проект являє собою сукупність апаратних і програмних ресурсів, задіяних у розв'язку завдання автоматизації. Ці ресурси відображаються в SIMATIC Manager у вигляді деревоподібної структури, найбільш важливі компоненти якої показано на рисунку 1.1.

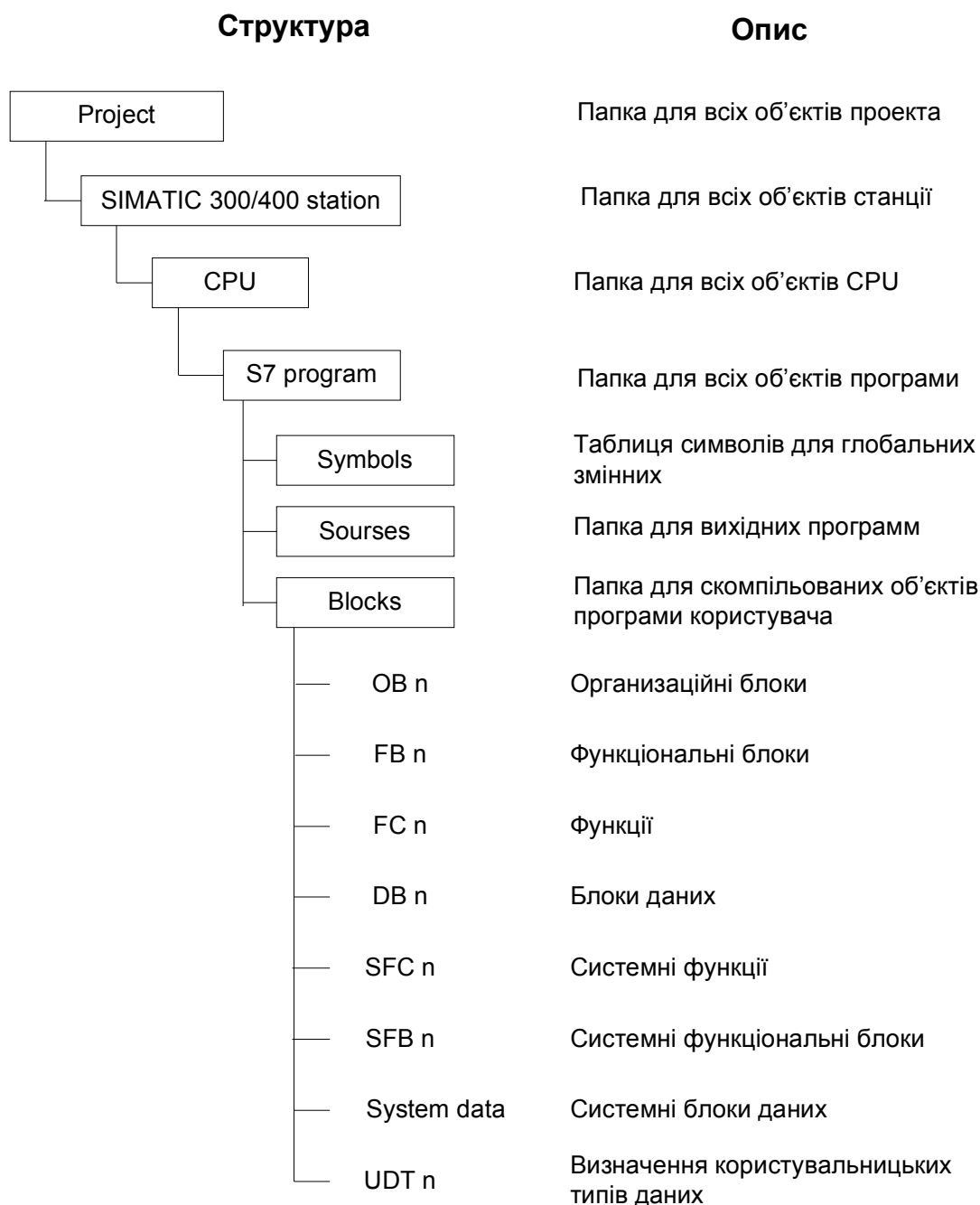


Рисунок 1.1 – Ієрархічне дерево об'єктів проекту

У верхній частині дерева розташовані об'єкти апаратури – інтерфейси, станції й процесорні модулі. Об'єкти, які виділені жирним шрифтом, містять інші об'єкти. Усі показані на рисунку об'єкти доступні користувачеві.

Програма користувача (S7-програма) завантажується в процесорний модуль. У папці S7-програми розташовані її компоненти – таблиця символів глобальних змінних (Symbols), за допомогою якої формальні параметри зв'язуються з фактичними, а також папки з файлами програми (Sources) і блоками (Blocks).

У зв'язку з необхідністю розв'язку різних завдань в STEP 7 передбачені різні блоки – організаційні блоки OB для взаємодії з операційною системою, блоки FB і FC із програмними кодами, блоки DB для збереження фактичних значень змінних, системні блоки SFB, SFC і System data для виконання службових завдань і сервісних функцій, а також масиви користувацьких типів даних UDT.

Головне призначення STEP 7 – це *програмування* контролерів. Розробка програми здійснюється в базовому редакторі STEP 7, який забезпечує написання програм на трьох мовах міжнародного стандарту IEC 61131-3: релейно-контактної логіки LAD; функціональних блокових діаграм FBD і списку інструкцій STL.

На додаток до цих трьох основних мов існує можливість використовувати ще чотири додаткові мови, редактори до яких поставляються окремо: SCL – структурована мова керування, по синтаксису близька до Pascal; S7-GRAPH — мова для керування послідовними технологічними процесами; S7-Higraph — мова для створення керування на основі графа станів системи й SFC — мова постійних функціональних схем.

Можливість спостереження за поточним станом виконання програми доступна при використанні будь-якої мови програмування. Це дозволяє не тільки налагоджувати програмне забезпечення, але й вести пошук несправностей в устаткуванні, яке підключається, навіть якщо воно не має засобів діагностики.

STEP 7 дозволяє також робити *конфігурування* програмувальних логічних контролерів і мереж (утиліти HWConfig і NetPro). У процесі конфігурування визначається склад устаткування в цілому, здійснюється розбивка на модулі, визначаються способи підключення й використання мережі, задаються настроювання для використовуваних модулів. При цьому система перевіряє правильність використання й підключення окремих компонентів. Завершується конфігурування завантаженням вибраної

конфігурації в контролер, що, по суті, є настроюванням апаратури керування. Утиліти конфігурування дозволяють здійснювати діагностику встаткування, виявляти апаратні помилки або неправильний монтаж устаткування.

У сімействі програмних продуктів компанії Siemens для розв'язку завдань автоматизації система STEP 7 виконує інтеграційні функції. У проект STEP 7 можуть бути включені різні технічні засоби, наприклад, системи людино-машинного інтерфейсу або персональний комп'ютер. Система дозволяє створити програмне забезпечення для настроювання й керування складними вимірювальними або виконавчими пристроями автоматизації, виконати мережні настроювання, здійснити з'єднання й передачу даних між пристроями автоматизації в розподіленій периферії.

Для освоєння всіх можливостей STEP 7 необхідно спочатку розглянути базові компоненти системи автоматизації – програмувальні логічні контролери S7-300 і S7-400.

## **1.2 Організація програмувальних контролерів S7-300/400**

### *Апаратні компоненти контролера*

Програмувальний контролер SIMATIC S7-300/400 має модульну конструкцію. Модулі, з яких складається необхідна конфігурація контролера, можуть бути центральними (розташовуватися по сусідству з CPU) або розподіленими.

Програмувальний контролер SIMATIC S7-300/400 містить у собі наступні компоненти:

1. Стійка (Rack) для розміщення модулів контролера S7-400 або стандартна профільна рейка (Rail) для розміщення модулів контролера S7-300. При цьому стійки діляться на три типи:

- UR – універсальна;
- CR – центральна;
- ER – розширення.

2. Модуль живлення (PS – power supply), який забезпечує робочу напругу 24В постійного струму для живлення контролера, датчиків і виконавчих пристроїв.

3. Модуль центрального процесора (CPU – central processing unit), який призначений для розміщення й обробки програми користувача, а також забезпечує зв'язок з іншими CPU і програматором PG, який приєднується до

контролера за допомогою шинного кабелю SINEC 1.2.

4. Інтерфейсні модулі (IM – interface module), які використовуються для з'єднання стійок та станцій.

5. Сигнальні модулі (SM – signal module), які використовуються для введення й виводу дискретних сигналів, а також для перетворення вхідних аналогових сигналів у дискретні або вихідних дискретних сигналів в аналогові сигнали керування.

6. Функціональні модулі (FM – function module), які незалежно від CPU використовуються для виконання різних завдань керування, пов'язаних з тимчасовими характеристиками процесів.

7. Комунікаційні процесори (CP – communication processor), які забезпечують зв'язок контролера з підмережами.

### ***Організація пам'яті***

CPU містить три області пам'яті для обробки програм користувача:

- Завантажувальна пам'ять використовується для програм користувача без призначень символічних адрес або коментарів (вони залишаються в пам'яті пристрою програмування). Завантажувальна пам'ять може бути типу RAM (ОЗП) або EPROM (ЕППЗП).

- Робоча пам'ять (вбудована пам'ять типу ОЗП) містить частини програми S7, які є істотними для виконання користувацької програми. Програма виконується тільки в областях робочої й системної пам'яті.

- Системна пам'ять (ОЗП) містить елементи пам'яті, виділені кожним CPU програмі користувача – таблиць образів процесу (входів і виходів), меркери, таймери й лічильники. Системна пам'ять містить також стек блоків і стек переривань.

Файл конфігурації й програма користувача із програматора спочатку переносяться в завантажувальну пам'ять (load memory). Далі операційна система CPU копіює релевантні частини програмного коду й даних у робочу пам'ять (work memory).

Завантажувальна пам'ять в CPU для S7-300 зазвичай (за винятком CPU 318) являє собою RAM-пам'ять і може розміщати програму цілком. Слід прийняти в увагу, що поточні значення області пам'яті користувача (блоки даних) і системної пам'яті (меркери, таймери, лічильники) слід розміщати в енергонезалежній формі, щоб в умовах можливих перебоїв електроживлення користувацькі дані зберігалися без застосування резервної батареї.

Системна пам'ять містить адреси (змінні), по яких здійснюється обіг в програмі. Усі адреси розподіляються в адресному просторі так, що



утворюють області, розміри яких залежать від конкретного CPU.

Системна пам'ять CPU містить наступні адресні області:

- Входи (I) – це *відображення процесу на входах* вхідних модулів.
- Виходи (Q) – це *відображення процесу на виходах* вихідних модулів.
- Меркери (M) – це деякі проміжні стани, інформація про які повинна бути доступною з будь-якої точки програми.
- Таймери (T) зберігають інформацію, яка визначає параметри часу для функцій очікування й моніторингу.
- Лічильники (C) зберігають інформацію для функції прямого й зворотного рахунку.
- Тимчасові локальні дані (L) використовуються в якості динамічних проміжних буферів при обробці блоків. L-стек динамічно займається й звільняється CPU при виконанні програми.

У системній пам'яті зберігаються також буфери даних для комунікаційних завдань і системних повідомлень (буфери діагностики). Розміри цих буферів даних, як і розміри областей зберігання відображення процесу по входах і виходах, у нових центральних процесорах для S7-400 може визначати користувач.

### **1.3 Механічна конфігурація контролера (станції)**

Програмувальний контролер (станція) може складатися із центральної стійки й стійок розширення. Стійки з'єднуються за допомогою інтерфейсних модулів.

#### ***Монтажні стійки для контролерів S7-400***

Монтажні стійки є несучою основою, яка призначена для установки модулів, а також для їхнього підключення до ланцюгів живлення й до внутрішньої шини контролера.

*Монтажна стійка UR* (universal rack) може бути використана як базова стійка контролера S7-400, а також як стійка розширення. Вона має два варіанти виконання – UR1 на 18 слотів (*слоти* – це посадкові місця в монтажній стійці) і UR2 на 9 слотів. Стійка підтримує можливість використання стандартних або резервованих схем живлення контролера. У першому випадку в неї встановлюється один, у другому – два блоки живлення. У кожному разі установка модулів блоків живлення починається з першого рознімання монтажної стійки, тобто з першого слоту.

За модулем живлення встановлюються модуль CPU і далі інші модулі. При цьому інтерфейсні модулі (передавальні та приймальні) повинні встановлюватися в останні слоти. Принцип установки модулів на стійку UR1 показано на рисунку 1.2.



*Рисунок 1.2 - Принцип установки модулів контролера S7-400 у монтажну стійку UR1*

Модулі різних типів вимагають різної кількості слотів для установки. Потреба в кількості слотів представлено в таблиці 1.1.

*Таблиця 1.1 - Кількість слотів, яка необхідно для установки модулів*

Тип модуля	Необхідна кількість слотів
Модулі живлення: PS 405 4A, PS 407 4A PS 405 10A, PS 407 10A PS 405 20A, PS 407 20A	1 2 3
Модулі процесорів: CPU 412-1, CPU 413-1, CPU 414-1, CPU 416-1 CPU 413-2 DP, CPU 414-2 DP	1 2
Сигнальні модулі (SM)	1
Інтерфейсні модулі (IM)	1

Для зв'язку модулів у стійках UR служать дві шини: шина входів/виходів (P-шина) і комунікаційна шина (K-шина).

P-шина призначена для високошвидкісного обміну даними із процесором, а комунікаційна K-шина забезпечує зв'язок модуля CPU з комунікаційними процесорами й функціональними модулями.

*Монтажна стійка базового блоку CR (central rack) може бути використана для розміщення до 18 модулів (CR2) або 4 модулів (CR3) базового блоку контролера.*

P-шина стійки CR2 розділена на два сегменти. Один сегмент охоплює 10, другий – 8 слотів (рознімать). Процесорний модуль потрібно встановити в кожний сегмент CR2 з відповідним набором модулів вводу-виводу. Ланцюги живлення й K-шина є загальними для обох сегментів.

Стійка підтримує можливість використання стандартних або *резервованих* схем живлення контролера. У першому випадку в неї встановлюється один, у другому – два блоки живлення. У кожному разі установка модулів блоків живлення починається з першого слота.

Інтерфейсні й сигнальні модулі, а також модулі процесора можуть встановлюватися в будь-який слот, крім першого.

*Стійка розширення ER1 (extension rack) застосовується для побудови недорогих пристроїв розширення вводу-виводу. Вона дозволяє розміщати до 18 модулів S7-400.*

В ER1 відсутня K-шина, що виключає можливість установки комунікаційних процесорів і функціональних модулів. Крім того, обмежені функціональні можливості P-шини – відсутня підтримка переривань і буферизація модулів. Відсутня також внутрішня шина живлення =24В. Установка модулів блоків живлення починається з першого рознімання монтажної стійки. Приймальний інтерфейсний модуль (один) повинен бути встановлений в останнє гніздо стійки.

### ***Варіанти конфігурування станції S7-400***

Для підключення стійок розширення UR і ER використовуються передавальні інтерфейсні модулі IM 460-0, IM 460-1, IM 460-3, та приймальні інтерфейсні модулі IM 461-0, IM 461-1, IM 461-3. Варіанти використання цих модулів наведено на рисунку 1.3.

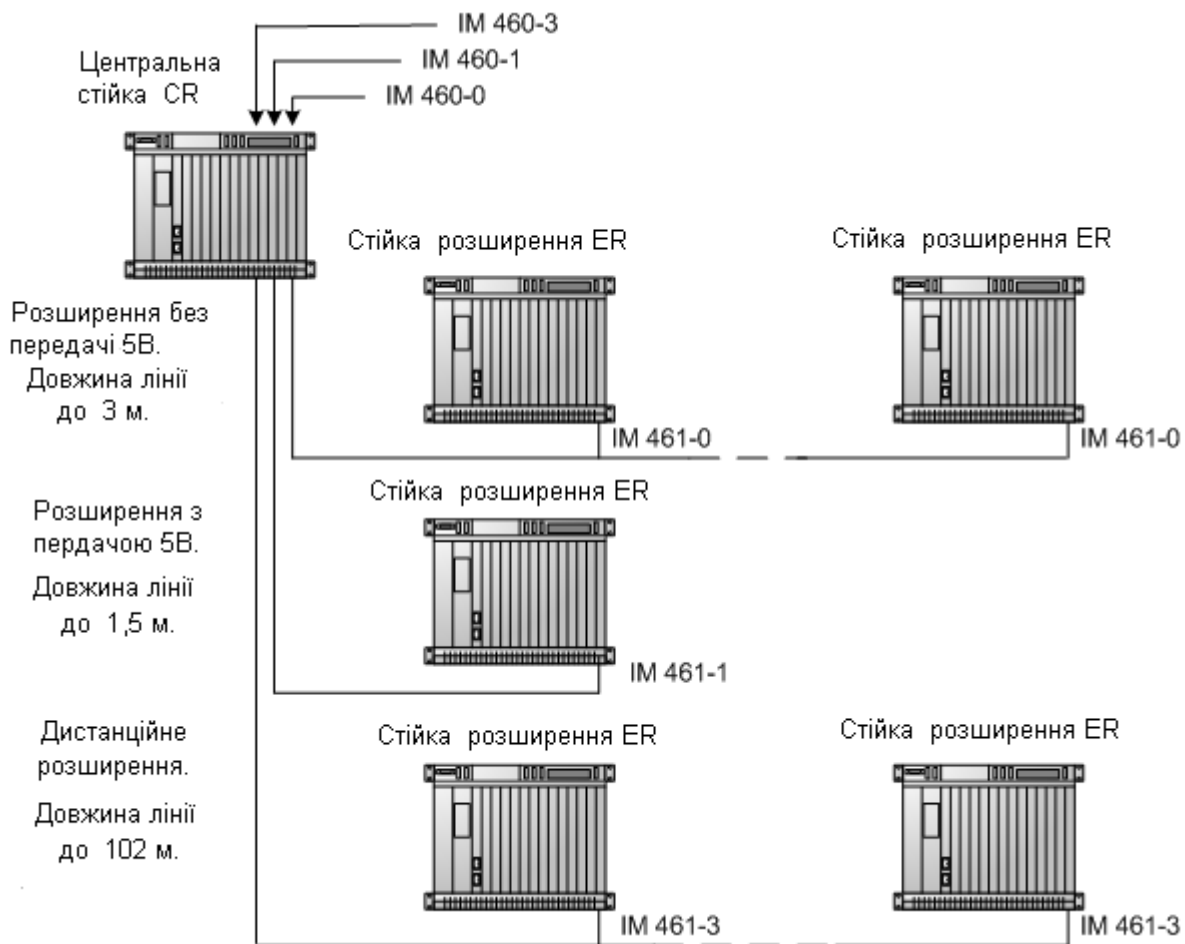


Рисунок 1.3 - Варіанти використання інтерфейсних модулів

Застосування інтерфейсних модулів IM 460-1 і IM 461-1 дозволяє додати до центральної стійки *одну* стійку розширення з довжиною лінії зв'язку між стійками не більш 1,5 м. Відмінною рисою цих інтерфейсних модулів є можливість подачі 5-вольтової напруги живлення від центральної стійки в стійку розширення, що дозволяє не встановлювати блок живлення в стійку розширення.

Застосування інтерфейсних модулів IM 460-0 і IM 461-0 дозволяє додати до центральної стійки *від 1 до 4 стійок* розширення з довжиною лінії зв'язку до 3 метрів.

І, нарешті, за допомогою інтерфейсних модулів IM 460-3 і IM 461-3 до центральної стійки можна підключити *від 1 до 4 стійок* розширення з довжиною лінії зв'язку до 102 метрів.

Потрібно взяти до уваги, що в базовій стійці можна встановити до 6 передавальних інтерфейсних модулів. Приймальні модулі повинні бути встановлені тільки в останні слоти стійок розширення.

### **Варіанти конфігурування станції S7-300**

Програмувальний контролер S7-300 монтується на стійку одного типу – стандартна профільна рейка (Rail). У базову (центральну) стійку (11 слотів) встановлюються зліва направо: модуль живлення PS (слот 1), процесорний модуль CPU (слот 2), інтерфейсний передавальний модуль ІМ (слот 3), а також до 8 вхідних або вихідних модулів. Якщо така однорядна конфігурація контролера не є достатньою, то можливі два варіанти розширення конфігурації (рис. 1.4):



*Рисунок 1.4 - Варіанти конфігурації станції S7-300*

- Варіант дворядної конфігурації із центральною стійкою й однією стійкою розширення. Цей варіант реалізується при використанні інтерфейсних модулів ІМ 365, якщо відстань між стійками не перевищує одного метра.

- Варіант конфігурації, що складається максимум з 4 рядів, тобто до центральної стійки підключається до 3-х стійок розширення. Цей варіант можливий при використанні передавального інтерфейсного модуля ІМ 360 і приймального модуля ІМ 361. При такій конфігурації видалення стійок може досягати 10 м.

У кожній стійці можна задіяти до восьми сигнальних модулів. Число модулів у стійках розширення може бути обмежене максимально допустимим струмом споживання на одну стійку, який становить 1,2 А.

Модулі з'єднуються між собою спеціальним шинним з'єднувачем, який виконує функції Р- і К-шин.

## **1.4 Принципи адресації й організація роботи в адресному просторі контролера**

Кожний слот із установленим модулем має фіксовану адресу в S7-станції, яка визначається номером монтажної стійки й номером слота. При цьому кожний модуль, установлений у слоті, може бути однозначно описаний через адресу слота, або так звану "географічну адресу".

Якщо модуль містить додаткові інтерфейсні плати, кожна з них також описується адресою. І, нарешті, кожний дискретний або аналоговий сигнал у системі має свою власну унікальну адресу.

### ***Початкова адреса модуля***

Адресний простір входів/виходів починається з адреси 0 і закінчується деяким значенням, яке відповідає верхній границі, обумовленій типом CPU.

У дискретних модулях окремі сигнали (біти) збираються в групи по 8 біт, тобто в *байти*. Ці байти мають відповідні адреси 0, 1, і т.д. Адресація байтів починається від початкового модуля. Якщо початковий модуль уведення має 32 каналів, то в адресному просторі він одержує 4 байта, тобто байти 0, 1, 2 і 3.

В аналогових модулях кожний з аналогових каналів, які передають сигнали у вигляді напруги або струму, займає 2 байта, тобто слово, яке позначається символом W. Аналогові модулі, залежно від конструкції, мають 2, 4, 8 і 16 каналів. При цьому кожний модуль, відповідно, буде займати 4, 8, 16 або 32 байтів адресного простору.

При включенні живлення, якщо не було передумов, CPU установлює початкову адресу кожного модуля залежно від типу модуля, номера слоту й номера стійки. Значення адрес можна побачити в таблиці конфігурації.

### ***Принцип адресації розподіленої периферії***

Розподілені I/O модулі також мають "географічні адреси", які визначаються адресою системи провідного DP-пристрою й номером веденої станції (замість номера стійки).

Як і централізовані модулі, модулі розподіленої периферії (станції) резервують відповідні номери байтів в області I/O-адрес. При цьому адреси централізованих модулів і розподілених I/O не повинні перекриватися.

Ведучі DP-пристрої можуть бути параметризовані таким чином, щоб особливі номери байтів забезпечували консистентність (логічну зв'язність) даних при їхнім пересиланні. Для цього кожному веденому DP-пристрою

відповідає один байт I/O адреси, якою вони адресуються при використанні системних функцій SFC 14 (читання даних розподіленої периферії) і SFC 15 (запис даних розподіленої периферії).

### ***MPI-адресація***

Модулі, які є вузлами в MPI-мережі (CPU, FM або CP), мають MPI-адреси. Ці адреси відіграють вирішальну роль для зв'язку із програматором PG, HMI-пристроєм і для обміну глобальними даними. Модулі можуть бути адресовані програматором через номер стійки й номер слоту.

Необхідно враховувати, що адреси MPI функціональних модулів і комунікаційних процесорів в S7-300 автоматично визначаються центральним процесором по наступному алгоритму:

- перший CP або перший FM після CPU → MPI-адреса CPU + 1;
- другий CP або другий FM після CPU → MPI-адреса CPU + 2.

### ***Діагностичні адреси***

Модулі із вбудованою функцією діагностики забезпечують користувача діагностичними даними, які можуть оцінюватися в користувацькій програмі.

Адреса даних діагностики завжди є адресою в I/O області входів і займає один байт пам'яті. STEP 7 автоматично призначає діагностичні адреси, відраховуючи довжину даних униз від верхнього (максимального) значення для адрес в області I/O.

### ***Адресний простір контролера***

Адресний простір кожного програмувального контролера містить:

- області периферійних входів і виходів (PI і PQ, відповідно);
- області відображення процесу по входу (I) і по виходу (Q);
- область меркерів (M);
- області таймерів (T) і лічильників (C);
- область L-стека.

В SIMATIC S7 кожний модуль може мати дві області адрес:

- область даних користувача, яка може бути безпосередньо адресована за допомогою операторів L (Load) і T (Transfer);
- область системних даних для запису даних передачі.

### ***Область даних користувача***

Обсяг даних користувача визначається типом процесорного модуля. Адресація в цій області завжди починається від байта 0.

Властивості даних користувача в модулі також залежать від типу модуля. Для сигнальних модулів дані є дискретними або аналоговими

вхідними/вихідними сигналами. Для інших модулів це можуть бути дані про стани (статуси).

У станціях S7 послідовність адрес для *цифрових модулів* починається з 0 і триває не більш ніж до 68 (18-й слот). Слід урахувати, що адреса 0 призначається слоту, у який встановлений перший цифровий модуль.

Кожний *канал* цифрового модуля представляється одним бітом, тобто кожний біт резервується за окремим входом. Адреса кожного біта визначається автоматично. Для цього система фіксує номер слота з першим цифровим модулем, від якого починається адресація, і визначає тип модуля. Якщо модуль має 32 канали, то йому призначається адресне поле від I 0.0 до I 3.7 (чотири байти). Наступний модуль буде мати адресне поле від I 4.0 до I 7.7 і т.д.

*Приклад.* Нехай модуль *цифрового введення* з 32 каналами (4 байта), встановлено в слот 14. Якщо перший цифровий модуль був встановлений в слот 4 (слоти 1 і 2 зайняті блоком живлення, а слот 3 – процесорним модулем), то початкова адреса модуля в слоті 14 за замовчуванням рівняється:

$$(14-3) \cdot 4 = 44.$$

Адреси каналів у модулі автоматично встановлюються зверху вниз.

Послідовність адрес за замовчуванням для *аналогових модулів* починається від адреси 512 і закінчується адресою 1600 (максимум).

Зважаючи на те, що аналоговий модуль може мати 2, 4, 8 і 16 каналів, а для кожного каналу потрібно два байти, то для розрахунків адреси аналогового модуля за замовчуванням необхідно перемножити кількість каналів модуля на 2 і додати 512.

*Приклад.* Нехай у стійку встановлено три модулі аналогового введення. Перший має 8 каналів, другий – 4 канали, а третій – 2 канала. Тоді початкові адреси модулів становлять:

$$\text{Модуль AI } 8 \times 14 \text{ bit} \quad 512;$$

$$\text{Модуль AI } 4 \times 13 \text{ bit} \quad (8 \times 2) + 512 = 528;$$

$$\text{Модуль AI } 2 \times 15 \text{ bit} \quad (12 \times 2) + 512 = 536.$$

Для кожного каналу аналогового модуля передбачений формат виводу інформації словами (W). Тому адреси окремих каналів уведення (I) і виводу (Q) збільшуються на два байти.

Дані користувача відображаються в області I/O адреса. Залежно від напрямку передачі ця область ділиться на PI-область (peripheral inputs – область периферійних входів) і PQ-область (peripheral outputs – область



периферійних виходів).

Адресна область *периферійних входів* використовується при читанні даних вхідних модулів. Частина адрес РІ-області відповідає області відображення даних процесу. Ця частина завжди починається з адреси 0, при цьому розмір області визначається типом CPU.

Адресна область *периферійних виходів* використовується при записі даних вихідних модулів. Частина адрес PQ-області відповідає області відображення даних процесу. Ця частина теж завжди починається з адреси 0, а розмір області також визначається типом CPU.

Слід урахувати, що периферійні входи й периферійні виходи мають однакові розміри областей, які відрізняються тільки символами I і Q.

### ***Відображення процесу (образ процесу)***

Відображення процесу (образ процесу) складається з образу дискретних вхідних і образу дискретних вихідних модулів і, таким чином, підрозділяється на *образ входів* процесу й *образ виходів* процесу.

До образу входів процесу доступ здійснюється в адресній області входів (I), а до образу виходів процесу – в адресній області виходів (Q).

*Образ входів* – це відображення відповідного біта в дискретному вхідному модулі при скануванні. Перед виконанням програми в кожному програмному циклі операційна система CPU копіює значення сигналу з модуля в образ входів процесу, який представляється таблицею відображення.

На рисунку 1.5 представлена схема процесу на прикладі сканування кнопки включення мотора. Ця кнопка підключена до модуля на 16 входів за адресою I 5.2.

Виразення "I 5.2" – це абсолютна адреса сигналу включення. У таблиці символів цій адресі можна привласнити символічне ім'я, наприклад, "Switch motor on". Тоді виразення "Switch motor on" є символічною (формальною) адресою.

Використання образу входів процесу має наступні переваги:

1. Входи можуть бути проскановані й записані послідовно біт за бітом. Завдяки цьому програма виконується швидше тому, що відсутня процедура одержання доступу до модуля.

2. Стан образу входу не міняється протягом усього циклу програми. При зміні біта вхідного модуля зміна сигналу буде перенесена на відповідний вхід образу процесу лише на початку наступного циклу.

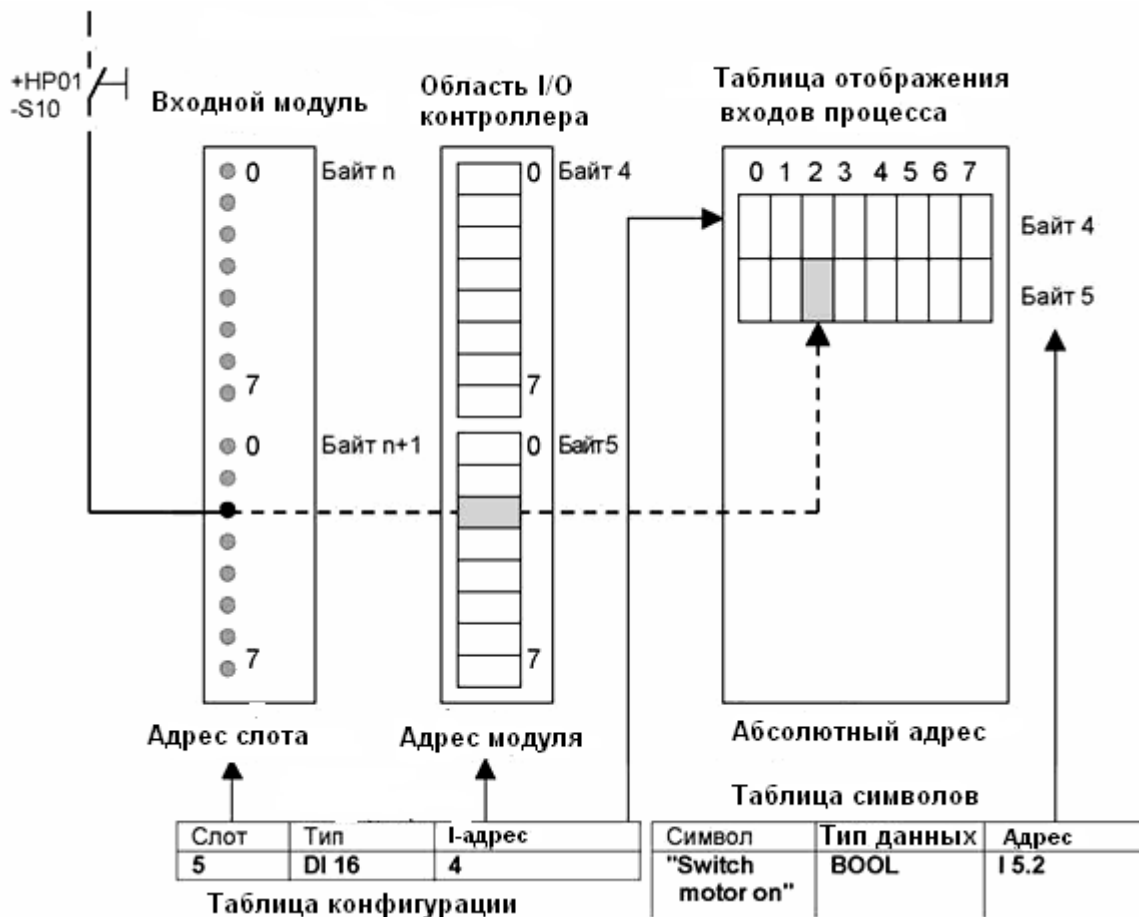


Рисунок 1.5 - Схема проходження сигналу від кнопки включення в область відображення входів в RAM-пам'яті

3. Біти дискретних вхідних модулів доступні тільки для читання, у той час, як біти входу перебувають в RAM-пам'яті й доступні як для читання, так і для запису. Завдяки цьому з'являється можливість міняти вхідні біти з метою налагодження при тестуванні програми.

Образ виходів – це відображення відповідних біт у дискретному вихідному модулі. Установка образа виходу – це те ж саме, що й установка біта в самому модулі. Операційна система CPU копіює значення біта з образа виходів процесу у вихідний модуль.

Використання образа виходів процесу дає наступні переваги:

1. Виходи можуть бути встановлені або скинуті біт за бітом. Установка виходів здійснюється швидше, чим процедура одержання доступу до вихідного модуля. Тому програма теж виконується швидше.

2. Стан виходу може багаторазово мінятися протягом усього циклу програми, при цьому стан сигналу вихідного модуля залишається без зміни. І лише останній стан сигналу буде перенесений у відповідний вихідний

модуль на початку нового програмного циклу.

3. Виходи можуть бути проскановані, тому що вони перебувають в RAM-пам'яті, тоді як біти дискретних вихідних модулів доступні тільки для запису, але недоступні для читання.

#### ***Область системних даних***

В області системної пам'яті CPU розташовуються *меркери*. Меркери можуть розглядатися як додаткові "пускові реле" контролера. Число меркерів залежить від типу обраного CPU.

Меркери використовуються для зберігання проміжних результатів, які можуть знадобитися в інших блоках. Для зберігання проміжних результатів підходять:

- Тимчасові локальні дані, які можливо знадобляться в інших блоках, але встановлюються тільки при поточному виклику блоку.
- Статичні локальні дані, які необхідні тільки у функціональних блоках, але є дійсними для багатьох викликів блоків.

Деякі меркери можуть бути призначені як реманентні меркери. Такі меркери зберігають свій стан навіть в умовах вимикання живлення. Реманентна область завжди починається від адреси "0" і закінчується в заданому місці пам'яті. Реманентна область може бути задана при параметризації CPU.

### **1.5 Конфігурування станцій у програмному середовищі STEP 7**

Програмна система STEP 7 призначена для виконання всього комплексу проектування – конфігурування, програмування й тестування системи автоматизації. Створення проекту здійснюється в графічній оболонці SIMATIC Manager, а конфігурування системи виконується в додатках Hardware Configuration (*Конфігурування апаратури*) і NetPro (*Проектування мереж*).

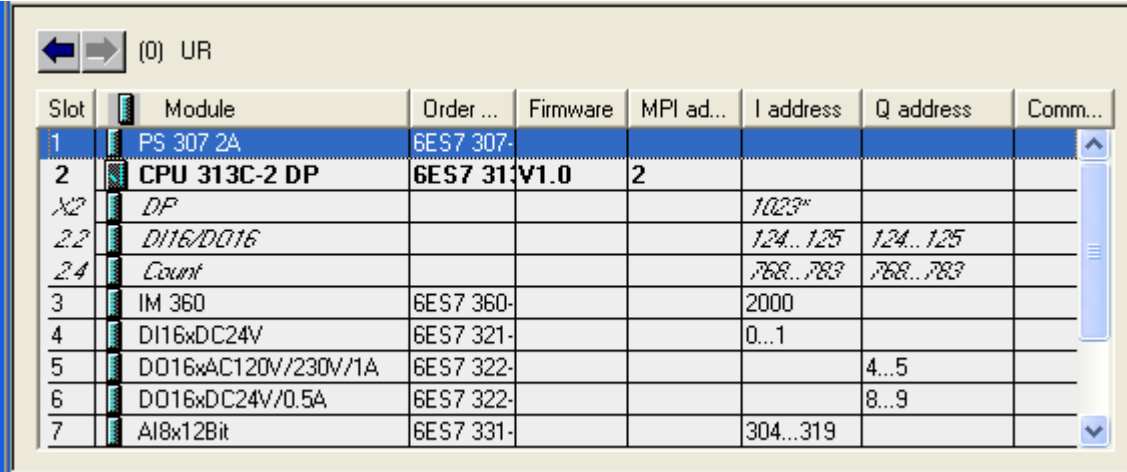
При проектуванні необхідно задовольнити наступні вимоги:

1. Обрані блоки живлення повинні забезпечити необхідний струм споживання.
2. Модулі CPU повинні задовольняти вимогам до комунікацій.
3. При виборі інтерфейсного модуля для з'єднання стійок необхідно визначити доцільність передачі струму в стійки розширення, відстань, кількість стійок розширення, а також необхідність комунікаційної шини.

4. При виборі сигнальних модулів обґрунтувати типи модулів з урахуванням напруг, навантажувальних здатностей і типів з'єднань із зовнішніми пристроями (чи можливе групування каналів, яка кількість точок з'єднання, який опір навантаження).

5. При виборі комунікаційних процесорів необхідно звернути увагу на тип мережі, підтримувані цими мережами комунікаційні функції, а також пристрої, з якими комунікаційний процесор може взаємодіяти.

Процес конфігурування полягає в тому, що необхідні компоненти вибираються у вікні Hardware Catalog і переносяться у вікно станції. Компонування станції відображається в конфігураційній таблиці стійки, розташованій під вікном станції (рис. 1.6). У таблиці відображаються номери слотів, найменування модулів, їх адреси й замовні номери.



Slot	Module	Order...	Firmware	MPI ad...	I address	Q address	Comm...
1	PS 307 2A	6ES7 307-					
2	CPU 313C-2 DP	6ES7 313-	V1.0	2			
x2	DP				1023*		
2.2	DI16/DO16				124...125	124...125	
2.4	Count				768...769	768...769	
3	IM 360	6ES7 360-			2000		
4	DI16xDC24V	6ES7 321-			0...1		
5	DO16xAC120V/230V/1A	6ES7 322-				4...5	
6	DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-				8...9	
7	AI8x12Bit	6ES7 331-			304...319		

Рисунок 1.6 - Вид таблиці конфігурування стійки

### **Основний порядок параметрування**

Після того, як компонент розміщений у вікні станції, можна перейти в режим діалогу для зміни встановлених за замовчуванням параметрів або адреси (режим параметрування).

Для настроювання поведінки системи особливе значення мають властивості CPU. На вкладках CPU можна встановити характеристики запуску, області локальних даних і пріоритети для переривань, області пам'яті, характеристики реманентності (збереження даних у пам'яті після вимикання живлення), тактові меркери, рівень захисту й пароль.

Крім цього можна параметрувати інтерфейси – MPI, PROFIBUS-DP і Industrial Ethernet.

### ***Проектування центральної стійки***

Центральна стійка проектується в наступній послідовності:

1. У вікні Hardware Catalog потрібно вибрати центральну стійку (Rack). Для SIMATIC 300 це профільна рейка (Rail), для SIMATIC 400 може бути, наприклад, універсальна стійка (UR1).

2. Використовуючи метод Drag&Drop, слід відбуксирувати стійку у вікно станції. Стійка з'являється у вигляді невеликої конфігураційної таблиці у верхній частині вікна станції. У нижній частині вікна станції з'являється докладна вистава стійки з додатковими даними – номером для замовлення, адресою MPI, адресами входів/виходів.

Компонування стійки здійснюється в наступній послідовності:

1. У вікні Hardware Catalog вибирається необхідний модуль. При цьому слоти, у які його можна встановити, виділяються кольором.

2. З використанням Drag&Drop модуль буксирується у відповідний рядок стійки. При цьому STEP 7 перевіряє, чи не порушені правила для слотів.

3. Кроки 1 і 2 повторюються доти, поки стійка не буде повністю оснащена бажаними модулями.

*Примітка:* Якщо виділити слот у стійці, можна побачити список усіх можливих для установки модулів.

### ***Відображення інтерфейсів і інтерфейсних модулів***

Інтерфейси або інтерфейсні модулі відображаються в конфігураційній таблиці у власному рядку. Цей рядок позначений так само, як і коннектор інтерфейсу, наприклад, X1.

### ***Конфігурування стійок розширення для SIMATIC 300***

Для станцій SIMATIC 300 як у якості центральної стійки, так і в якості стійки розширення використовуються тільки профільні шини. Кількість профільних шин визначається реальною конструкцією, однак їх не повинне бути більше чотирьох.

Стійки розширення з'єднуються в STEP 7 шляхом установки відповідних інтерфейсних модулів:

- Для розширення тільки на одну стійку в стійках 0 (центральна стійка) і 1 (стійка розширення) встановлюються модулі IM 365.
- Для підключення двох або трьох стійок розширення в стійці 0 встановлюється модуль IM 360, а в стійках 2 і 3 модуля IM 361.

### ***Правила розміщення модулів у станції SIMATIC-400***

Правила розміщення модулів у станції S7-400 залежать від типу

застосовуваної стійки. У центральній стійці модулі розміщаються за наступними правилами:

- блоки живлення встановлюються тільки в слот 1, але можуть займати 2-й і 3-й слоти;
- кількість інтерфейсних модулів повинна бути не більше 6, з них не більше двох з передачею живлення;
- до центральної стійки через інтерфейсні модулі можна підключити не більше 21 стійки розширення;
- до інтерфейсу *передавального* IM 460-1 можна підключити не більше 1 стійки розширення з *передачею струму*;
- до інтерфейсу *передавального* IM 460-0 або IM 460-3 можна підключити не більше 4 стійок розширення *без передачі струму*.

На рисунку 1.7, як приклад, показане вікно станції з відображенням центральної стійки (0) і стійки розширення (1), з'єднаних між собою інтерфейсними модулями IM 460-0 і IM 461-0.

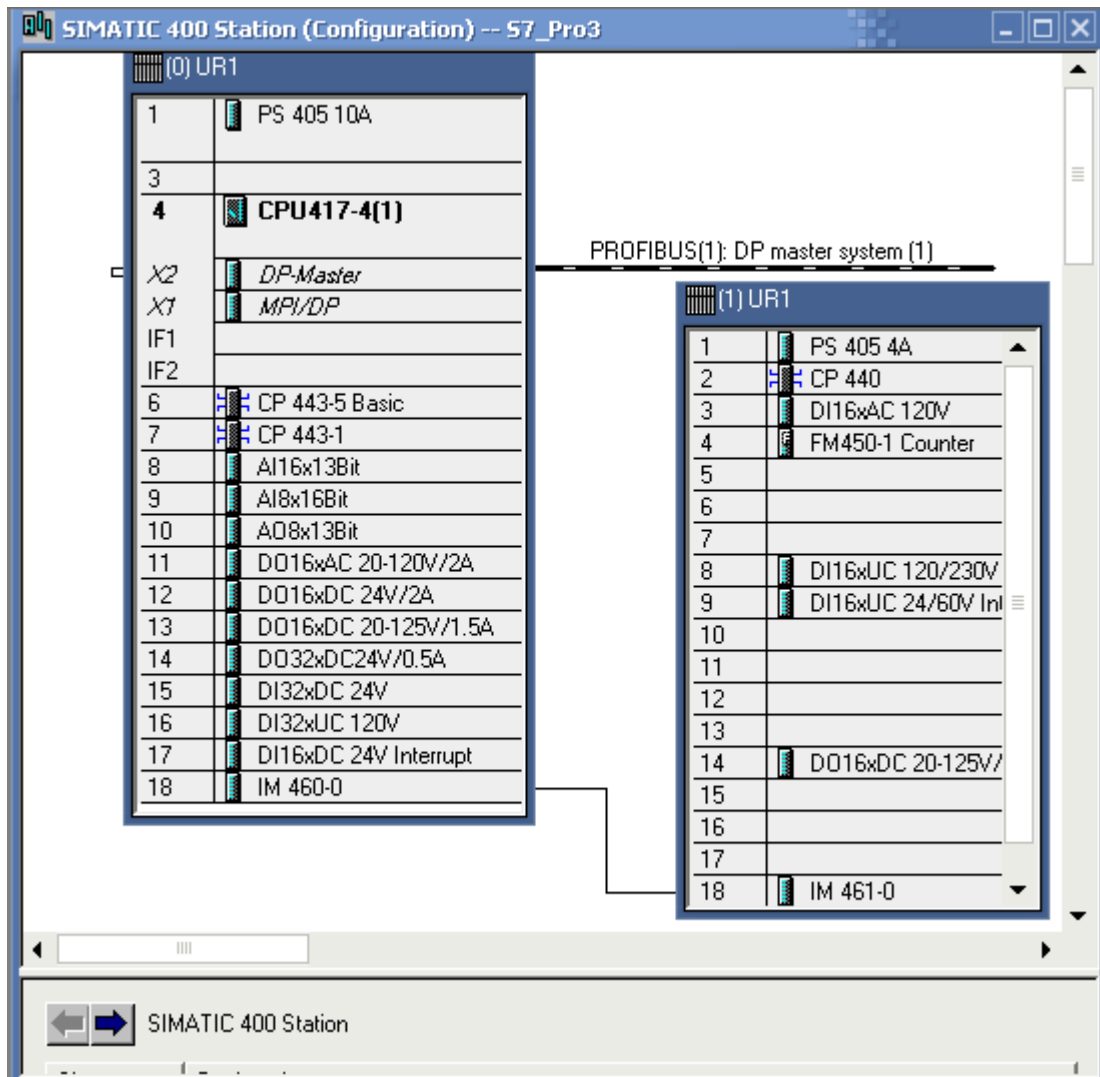


Рисунок 1.7 - Приклад конфігурування стійок

### ***Заміна стійок у станції***

Заміна стійок станції SIMATIC S7-400 виправдана, якщо в результаті цієї заміни функціональні можливості станції розширюються. Це відбувається в наступних випадках:

- Заміна стійки, яка не підтримує резервування системи живлення, на стійку, яка підтримує резервування.
- Заміна короткої стійки (9 слотів) на довгу (18 слотів) для установки додаткових модулів. Для стійок, які конфігуруються як стійки розширення (UR або ER) приймальні ІМ автоматично переміщуються в останній слот.

### ***Правила заміни стійок***

Стойка станції SIMATIC 400 може бути замінена на іншу, тільки при дотриманні наступних *основних правил* (якщо хоча б одне правило не виконуються, STEP 7 не дозволяє заміну й перериває процедуру з повідомленням про помилку):

- Сегментована стійка (CR2) не може бути замінена несегментованою (наприклад, UR1) і навпаки. Слоти із двох сегментів не можуть бути однозначно зіставлені слотам у несегментованій стійці. Тому стійка CR2 може бути замінена тільки на стійку CR2 з іншим порядковим номером, наприклад, щоб забезпечити установку модулів з резервуванням живлення без того, щоб проводити все конфігурування знову.
- При установці модулів у нову стійку не повинні порушуватися ніякі правила слотів. Не дозволяється заміна стійки UR1 із установленим CPU на стійку розширення ER1, тому що установка CPU в ER1 заборонена правилами слотів.

Якщо станція має складну структуру, наприклад, містить кілька стійок, то можна настроїти станцію на мінімальний розмір.

## **1.6 Параметрування модулів і інтерфейсів**

### ***Параметрування модулів***

Модулі повинні мати властивості, які представляються адресами й параметрами. Зазвичай ці властивості встановлюються за замовчуванням. Однак у багатьох випадках установлені за замовчуванням значення не відповідають конкретним вимогам. Так, наприклад, заздалегідь установлені види й діапазони вимірів в аналогових модулях чи ледь будуть відповідати бажаним.

## Призначення адрес вузлів і входів-виходів

При призначенні адрес слід розрізняти призначення адрес вузлам і призначення адрес входам-виходам. Адреси вузлів призначаються програмувальним модулям у мережах MPI, PROFIBUS, Industrial Ethernet. Адреси входів-виходів (I/O) призначаються модулям для того, щоб у програмі користувача зчитувати входи або встановлювати виходи.

При необхідності адреси можуть бути відображені через меню View (вікно Address Overview).

Адресні області входів і виходів відображаються із вказівкою місця розміщення модулів – номером майстер-системи DP, номером стійки, слота або гнізда. Адреси входів, які мають нульову довжину, наприклад, адреси інтерфейсних модулів, позначаються зірочкою (I\*).

На рисунку 1.9 показаний приклад розподілу адрес входів (I) і виходів (Q) для системи S7-400 (CPU 417-4), яка складається із центральної стійки (0) і стійки розширення (1). Область адресного простору центрального процесора становить 16383 байта.

Type	Addr. from	Addr. to	Module	PIP	DP	PN	R	S	IF
I	0	1	DI16xDC 24V Inter...	OB1 PI	-	-	0	17	-
I	2	5	DI32xDC 120V	OB1 PI	-	-	0	16	-
I	6	9	DI32xDC 24V	OB1 PI	-	-	0	15	-
I	10	11	DI16xAC 120V	OB1 PI	-	-	1	3	-
I	14	15	DI16xDC 24/60V I...	OB1 PI	-	-	1	9	-
I	16	17	DI16xDC 120/230V	OB1 PI	-	-	1	8	-
I	512	543	AI16x13Bit	OB1 PI	-	-	0	8	-
I	544	559	AI8x16Bit	OB1 PI	-	-	0	9	-
I	560	575	CP 440	OB1 PI	-	-	1	2	-
I	576	639	FM450-1 Counter	OB1 PI	-	-	1	4	-
I*	16378	16378	IM 461-0	-	-	-	1	18	-
I*	16379	16379	IM 460-0	-	-	-	0	18	-
I*	16380	16380	CP 443-1	-	-	-	0	7	-
I*	16381	16381	CP 443-5 Basic	-	-	-	0	6	-
I*	16382	16382	MPI/DP	-	-	-	0	4	2
I*	16383	16383	DP-Master	-	-	-	0	4	1
Q	0	3	DO32xDC24V/0.5A	OB1 PI	-	-	0	14	-
Q	4	5	DO16xDC 20-125V...	OB1 PI	-	-	0	13	-
Q	6	7	DO16xDC 24V/2A	OB1 PI	-	-	0	12	-
Q	8	9	DO16xAC 20-120V...	OB1 PI	-	-	0	11	-
Q	10	11	DO16xDC 20-125V...	OB1 PI	-	-	1	14	-
Q	512	527	AO8x13Bit	OB1 PI	-	-	0	10	-
Q	560	575	CP 440	OB1 PI	-	-	1	2	-
Q	576	639	FM450-1 Counter	OB1 PI	-	-	1	4	-

Рисунок 1.9 - Приклад відображення адрес у вікні Address Overview



У таблиці вікна Address Overview наведені наступні дані:

- тип даних – вхід (I), вихід (Q);
- області адрес кожного модуля (Addr. from і Addr. to);
- найменуванню модуля;
- тип поділу образу процесу PIP (Process image partition), у якому зазначений організаційний блок OB1 (циклічне виконання);
- адреси в PROFIBUS DP (колонка DP) і PROFINET (колонка PN);
- номер стійки R (Rack) і номер слота S (Slot);
- стартові адреси модулів інтерфейсів DP-master і MPI (колонка IF).

### ***Контрольні питання***

1. Перелічіть компоненти, з яких складається програмувальний контролер SIMATIC.
2. Як улаштована й для чого призначена завантажувальна пам'ять CPU?
3. Що являє собою робоча пам'ять і для чого вона призначена?
4. Які області містить системна пам'ять?
5. По яким правилам встановлюються модулі в центральну стійку?
6. По яким правилам встановлюються модулі в стійку розширення?
7. Які шини використовуються в стійках для зв'язку модулів?
8. Які варіанти конфігурації застосовуються при створенні контролера S7-300?
9. Які інтерфейсні модулі застосовуються для з'єднання стійок в S7-300?
10. Які варіанти конфігурації застосовуються при створенні контролера S7-400?
11. Які інтерфейсні модулі застосовуються для з'єднання стійок в S7-400?
12. Що являють собою монтажні стійки UR1 і UR2?
13. Що являє собою монтажна стійка базового блоку CR2?
14. Які особливості має стійка розширення ER1?
15. Як визначаються адреси дискретних модулів уведення-виводу?
16. Як визначаються адреси аналогових модулів уведення-виводу?
17. Як визначаються географічні адреси розподіленої периферії?
18. Як визначаються адреси вузлів MPI-мережі?
19. Як визначаються діагностичні адреси модулів із вбудованими функціями діагностики?
20. З яких областей складається адресний простір програмувального

контролера?

21. Що містить у собі область даних користувача?
22. По якому принципу призначається адреса модуля й каналу дискретного введення?
23. По якому принципу призначається адреса модуля й каналу виводу аналогового сигналу?
24. Для чого призначена область відображення входів процесу і які переваги вона створює?
25. Для чого призначена область відображення виходів процесу і які переваги вона створює?

## 2 ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БАЗОВИХ МОДУЛІВ

### 2.1 Центральні процесори (CPU)

#### *Центральні процесори S7-300*

Програмувальні контролери S7-300 можуть комплектуватися 17 типами центральних процесорів. Ці процесори характеризуються часом виконання логічної інструкції (0,1...0,2 мкс) і обсягом робочої пам'яті (від 16 Кбайт в CPU 312 до 512 Кбайт в CPU 317).

Центральні процесори стандартного виконання різняться в наступному:

- CPU 312 – центральний процесор для побудови невеликих систем керування, які включають до 8 модулів локального вводу-виводу.

- CPU 314 – центральний процесор для побудови систем керування, у яких потрібна швидкісна обробка інформації й підтримка до 32 модулів локального вводу-виводу.

- CPU 315-2DP – центральний процесор із вбудованим інтерфейсом провідного/веденого пристрою PROFIBUS DP для побудови систем автоматизації з розвинутою системою локального й розподіленого вводу-виводу.

- CPU 315-2PN/DP – центральний процесор із вбудованими інтерфейсами Industrial Ethernet і PROFIBUS DP, який забезпечує підтримку комунікаційного стандарту PROFINET. Призначений для використання в системах з розподіленим інтелектом CBA (Component Based Automation).

- CPU 317-2DP – центральний процесор із вбудованими інтерфейсами MPI/PROFIBUS DP, великим обсягом пам'яті для програм і даних, високою продуктивністю. Призначений для побудови високопродуктивних систем автоматизації.

CPU 317-2PN/DP – центральний процесор із вбудованими інтерфейсами Industrial Ethernet, PROFINET і PROFIBUS DP. Призначений для використання в системах CBA на основі PROFINET.

- CPU 318-2DP – потужний центральний процесор з високою швидкодією, великим обсягом пам'яті для програм і даних, здатний обслуговувати системи розподіленого вводу-виводу на основі мережі PROFIBUS DP. Вимагає для своєї роботи карту пам'яті й буферну батарею.

*Центральні процесори S7-300 Compact різняться в наступному:*

- CPU 312C – це компактний центральний процесор з 10 дискретними входами й 6 дискретними виходами, а також вбудованими

функціями швидкісного рахунку (2x10 кГц) і виміру частоти (2x10 кГц) або тривалості періоду.

- CPU 313C – центральний процесор з 24 дискретними входами, 16 дискретними виходами, 4 аналоговими входами для виміру уніфікованих сигналів сили струму або напруги, 1 аналоговим входом для підключення датчика температури Pt100 і 2 аналоговими виходами. Набір вбудованих функцій включає швидкісний рахунок (3x30 кГц), вимір частоти (3x30 кГц) або тривалості періоду, а також ПД-регулювання.

- CPU 313 C-2 PtP і CPU 313 C-2DP – центральні процесори з 16 дискретними входами, 16 дискретними виходами й додатковими інтерфейсами RS 422/ RS 485 (CPU 313 C-2 PtP). Мають вбудований інтерфейс PROFIBUS DP (CPU 313 C-2DP). Набір вбудованих функцій аналогічний CPU 313C.

- CPU 314 C-2 Ptp і CPU 314 C-2 DP – центральні процесори з 24 дискретними входами, 16 дискретними виходами, 4 аналоговими входами для виміру уніфікованих сигналів сили струму або напруги, 1 аналоговим входом для підключення датчика температури Pt100, 2 аналоговими виходами, вбудованим послідовним інтерфейсом RS422/RS485 (CPU 314 C-2 Ptp) і вбудованим інтерфейсом PROFIBUS DP (CPU 314 C-2DP). Набір вбудованих функцій містить у собі швидкісний рахунок (4x60 кГц), вимір частоти (4x60 кГц) або тривалості періоду, ПД-регулювання й позиціонування по одній осі.

*Усі центральні процесори S7-300 Contrast можуть використовуватися як готові системи автоматизації.*

Для побудови систем керування в небезпечних виробництвах застосовуються процесори S7-300F:

- CPU 315 F-2DP – центральний процесор із вбудованим інтерфейсом PROFIBUS DP для побудови F-систем із середніми вимогами до обсягу й швидкості виконуваних програм, а також обслуговування систем розподіленого вводу-виводу.

- CPU 317 F-2DP – центральний процесор із вбудованим інтерфейсом PROFIBUS DP для побудови F-систем з високими вимогами до обсягу й швидкості виконуваних програм.

Особливе місце займають центральні процесори CPU 315 T-2DP/CPU 317 T-2DP, які постачені набором вбудованих входів і виходів, вбудованими інтерфейсами MPI/PROFIBUS DP і PROFIBUS DP/DRIVE і підтримують функції позиціонування й керування переміщеннями.

### ***Центральні процесори S7-400***

Програмувальні контролери SIMATIC S7-400 можуть комплектуватися 7 типами центральних процесорів. Центральні процесори відрізняються обчислювальною потужністю, обсягами пам'яті, кількістю вбудованих інтерфейсів і іншими параметрами.

Центральні процесори охоплюють розв'язок завдань різного рівня складності й класифікуються в такий спосіб:

CPU 412-1, CPU 412-2 – призначені для побудови невеликих систем керування й розв'язку завдань середньої складності.

CPU 414-2, CPU 414-3 – призначені для побудови систем керування середньої складності із програмами великого обсягу, швидкісним виконанням інструкцій і інтенсивним мережним обміном даними.

CPU 416-2, CPU 416-3 – призначені для побудови складних систем автоматичного керування зі складними алгоритмами обробки інформації й інтенсивним мережним обміном даними.

CPU 417-4 – призначені для побудови найбільш потужних систем автоматичного керування. Потужні центральні процесори оснащені одним (CPU 41x-3) або двома (CPU 417-4) відсіками для установки інтерфейсного субмодуля IF 964-DP і одержання додаткових інтерфейсів PROFIBUS DP.

Центральні процесори S7-400 характеризуються обсягами робочої пам'яті від 288 Кбайт в CPU 412-1 до 30 Мбайт в CPU 417-4, паралельним доступом до пам'яті програм і даних, а також високою швидкодією. Так, наприклад, час виконання логічної операції в CPU 417-4 становить 18 нс.

У всіх моделях центральних процесорів є вбудований комбінований інтерфейс MPI/PROFIBUS DP, який використовується для підключення до мереж MPI або PROFIBUS DP. Поряд із цим є додаткові інтерфейси:

- в CPU 41x-2 – один додатковий інтерфейс провідного/веденого пристрою PROFIBUS DP;
- в CPU 41x-3 – два додаткові інтерфейси провідного/веденого пристрою PROFIBUS DP;
- в CPU 417-4 – три додаткові інтерфейси провідного/веденого пристрою PROFIBUS DP;
- в CPU 41x-3 PN/DP – один додатковий інтерфейс PROFIBUS DP, інтерфейс PROFINET із двоканальним комутатором, а також вбудований Web-сервер.

Центральні процесори підтримують від 32 до 64 активних комунікаційних з'єднань, одночасну роботу з декількома комунікаційними

процесорами, виконання функцій шлюзового пристрою між різними промисловими мережами.

STEP 7 дозволяє робити налаштування комунікаційних інтерфейсів (установку мережних адрес, режимів роботи, швидкостей передачі даних, комунікаційних з'єднань і т.п.), розподіл адресного простору введення-виводу (установку адрес модулів), визначення розмірів областей пам'яті, а також установку глибини діагностичного буфера та інше.

## 2.2 Інтерфейсні модулі (ІМ)

*Інтерфейсні модулі ІМ 460-0 і ІМ 461-0* дозволяють створювати системи локального введення-виводу, у яких відстань від базового блоку до останньої стійки розширення не перевищує 5 м. ІМ 460-0 виконує функції передавача, а ІМ 461-0 – функції приймача. Модулі забезпечують підтримку Р- і К-шин контролера, що дозволяє встановлювати в стійки розширення сигнальні, функціональні й комунікаційні модулі S7-400. Напруга живлення через сполучний кабель не передається, тому кожна стійка розширення повинна комплектуватися власним блоком живлення.

Передавальний інтерфейсний модуль ІМ 460-0 встановлюється в базовий блок програмувального контролера S7-400. В одну монтажну стійку UR1, UR2 і CR2 може встановлюватися до 6, а в одну монтажну стійку CR3 до 2 модулів ІМ 460-0.

ІМ 460-0 оснащено двома вбудованими інтерфейсами для підключення ліній розширення. Кожний інтерфейсний модуль ІМ 460-0 дозволяє підключити до 4 стійок розширення. При установці в базовий блок 6 інтерфейсних модулів ІМ 460-0 загальна кількість стійок розширення не повинна перевищувати 21.

Приймальний інтерфейсний модуль ІМ 461-0 встановлюється в стійки розширення. Він може підключатися до інтерфейсного модуля ІМ 460-0 базового блоку контролера. У кожному стійку розширення (UR1, UR2, ER1, ER2) встановлюється тільки один інтерфейсний модуль ІМ 461-0.

*Інтерфейсні модулі ІМ 460-1 і ІМ 461-1* дозволяють створювати системи локального введення-виводу програмувальних контролерів S7-400, у яких відстань від базового блоку до стійки розширення не перевищує 1,5 м. Інтерфейсний модуль ІМ 460-1 виконує функції передавача, ІМ 461-1 – функції приймача. Модулі забезпечують підтримку тільки Р-шини

контролера, що дозволяє встановлювати в стійки розширення тільки сигнальні модулі. Комунікаційні процесори й функціональні модулі в ці стійки встановлюватися не можуть.

Напруга живлення  $=5\text{В}$  передається в стійку розширення через сполучний кабель від блоку живлення базового блоку контролера. Установка власних блоків живлення в стійках розширення не потрібна. Струм навантаження ланцюга живлення може досягати  $5\text{ А}$ .

Передавальний інтерфейсний модуль ІМ 460-1 встановлюється в базову стійку програмувального контролера S7-400. В одну монтажну стійку може встановлюватися до 2-х модулів ІМ 460-1.

ІМ 460-1 оснащено двома вбудованими інтерфейсами для підключення ліній розширення. До кожного інтерфейсу може підключатися по одній стійці розширення.

Приймальний інтерфейсний модуль ІМ 461-1 встановлюється в стійку розширення (UR1, UR2, ER1, ER2) і підключається до базової стійки контролера S7-400 через інтерфейсний модуль ІМ 460-1.

*Інтерфейсні модулі ІМ 460-3 і ІМ 461-3* дозволяють створювати системи локального введення-виводу програмувальних контролерів S7-400, у яких відстань від базового блоку до останньої стійки розширення не перевищує  $102\text{ м}$ . Інтерфейсний модуль ІМ 460-3 виконує функції передавача, ІМ 461-3 – функції приймача. Модулі забезпечують підтримку Р- і К-шин контролера, що дозволяє встановлювати в стійки розширення не тільки сигнальні, але й функціональні та комунікаційні модулі.

Напруга живлення через сполучний кабель не передається, тому кожна стійка розширення повинна комплектуватися власним блоком живлення.

Передавальний інтерфейсний модуль ІМ 460-3 встановлюється в базову стійку програмувального контролера S7-400. В одну монтажну стійку UR1, UR2 і CR2 може встановлюватися до 6, в одну монтажну стійку CR3 – до 2 модулів ІМ 460-3.

ІМ 460-3 оснащено двома вбудованими інтерфейсами для підключення ліній розширення. До кожного інтерфейсу може підключатися до 4 стійок розширення. При установці в базовий блок 6 інтерфейсних модулів ІМ 460-3 загальна кількість стійок розширення не повинна перевищувати 21.

Приймальний інтерфейсний модуль ІМ 461-3 встановлюється в стійки розширення. Він може підключатися до інтерфейсного модуля ІМ 460-3 базової стійки контролера або до інтерфейсного модулю ІМ 461-3 попередньої стійки розширення. У кожену стійку розширення (UR1, UR2,

ER1, ER2) установлюється тільки один інтерфейсний модуль IM 461-3.

Інтерфейсні модулі IM 467 і IM 467 FO призначені для підключення програмувальних контролерів S7-400 до мережі PROFIBUS DP і використовуються для збільшення кількості мереж PROFIBUS DP, які обслуговуються одним програмувальним контролером.

На відміну від комунікаційних процесорів інтерфейсні модулі вимагають керування своєю роботою з боку центрального процесора. Тому збільшення кількості модулів IM 467 і IM 467 FO супроводжується збільшенням навантаження на центральний процесор при обслуговуванні комунікаційних завдань.

У мережі PROFIBUS інтерфейсні модулі IM 467 і IM 467 FO забезпечують підтримку:

- протоколу PROFIBUS DP при роботі в режимі провідного DP пристрою;
- функцій зв'язку із програматором PG і панеллю оператора OP.

У режимі провідного пристрою PROFIBUS DP інтерфейсний модуль IM 467 або IM 467 FO забезпечує підтримку функцій синхронізації (SYNC), заморожування (FREEZE), а також сталість часу циклу мережі.

У контролерах S7-300 застосовуються інтерфейсні модулі IM 360, IM 361 і IM 365.

Інтерфейсний передавальний модуль IM 360 установлюється в базову стійку S7-300 при максимальній відстані до стійки розширення 10 м.

Інтерфейсний модуль IM 361 має наступні характеристики:

- Може виконувати функції приймального й передавального модуля.
- Містить джерело живлення 24 В постійного струму, що виводить на задню шину S7-300 напругу силою струму 0,8 А.
- Допускає максимальну відстань 10 м між IM 360 і IM 361 або між двома IM 361.

Інтерфейсний модуль IM 365 має наступні характеристики:

- Конструктивне виконання – попереднє зібрана пара модулів для базової стійки й стійки розширення (стійки 0 і 1).
- Постачений загальним джерелом живлення на 1,2 А, з яких до 0,8А може бути використано в одній стійці.
- Сполучний кабель довжиною 1 м підключений постійно.
- IM 365 не продовжує комунікаційну шину в стійку 1, тобто робота функціональних модулів FM у стійці розширення не підтримується.



## 2.3 Комунікаційні процесори (CP)

*Комунікаційний процесор CP 443-1* забезпечує можливість підключення програмувальних контролерів SIMATIC S7-400 до мережі Industrial Ethernet. Він оснащений вбудованим мікропроцесором і виконує автономне керування мережним обміном даними, розвантажуючи від цих завдань центральний процесор контролера.

CP 443-1 установлюється в монтажну стійку S7-400 і підключається до внутрішньої шини контролера через одне рознімання. Модуль може встановлюватися на будь-яке вільне посадкове місце. Комунікаційний процесор CP 443-1 має 15-полюсне гніздо з'єднувача D-типу з автоматичним перемиканням між інтерфейсами AUI- і ITP, а також гніздо RJ45 для підключення до мережі Industrial Ethernet з використанням технології FastConnect.

Передача даних здійснюється на транспортних рівнях 1...4 з урахуванням вимог міжнародних стандартів. Підтримується робота в комбінованому режимі з одночасною підтримкою транспортних протоколів ISO, TCP/IP і UDP.

Для контролю працездатного стану системи зв'язку на основі TCP-з'єднань може активізуватися функція відстеження часу передачі між кожним активним і пасивним партнером по зв'язку.

Комунікаційному процесору CP 443-1 привласнюється власна Ethernet-адреса, яка дозволяє підключати його до мережі підприємства.

При роботі в комбінованому режимі CP 443-1 здатний підтримувати наступні комунікаційні функції:

- PG/OP функції зв'язку, які забезпечують можливість дистанційного програмування всіх мережних S7 станцій.
- Використання процедур S7 routing дозволяє організувати міжмережний обмін даними й забезпечити „прозорість” мережі.
- S7 функції дозволяють організувати зв'язки між S7-300 і S7-400 (сервер і клієнт), пристроями людино-машинного інтерфейсу й комп'ютерами. У системах автоматизації SIMATIC S7-400 комунікаційні процесори CP 443-1 можуть використовуватися для побудови резервованих систем зв'язку на базі Industrial Ethernet.
- Синхронізацію по даті й часу всіх мережних пристроїв, які підтримують виконання цієї функції.
- Передачу даних з використанням інтерфейсів SEND/RECEIVE і

FETCH/WRITE транспортного протоколу ISO. При цьому інтерфейс SEND/RECEIVE забезпечує зв'язок між контролерами SIMATIC S7 і комп'ютерами, а функції FETCH/WRITE забезпечують прямий доступ до даних центрального процесора. Обсяг переданих даних може досягати 8 Кбайт.

Для контролерів SIMATIC S7-300 застосовується аналогічний модуль – комунікаційний процесор CP 343-1 V2.

Мережа Ethernet має високу пропускну здатність, однак істотним недоліком цієї мережі є те, що вона не гарантує час доставки повідомлень. Цей недолік усунутий у мережі PROFINET.

*Комунікаційний процесор CP 443-1 Advanced* призначений для підключення програмувального контролера SIMATIC S7-400 до мережі PROFINET. Система розподіленого введення-виводу на основі PROFINET IO забезпечує роботу в реальному масштабі часу. Обмін даними між технологічними модулями в системах автоматизації з розподіленим інтелектом підтримується PROFINET CBA.

CP 443-1 Advanced дозволяє підтримувати зв'язок між SIMATIC S7-400 і наступними пристроями:

- програматорами й комп'ютерами;
- засобами людино-машинного інтерфейсу;
- системами автоматизації SIMATIC S7/C7;
- контролерами PROFINET;
- приладами систем розподіленого введення-виводу на основі PROFINET і інтелектуальними модулями системи PROFINET CBA.

Комунікаційний процесор CP 443-1 Advanced виконує наступні комунікаційні функції:

- Http-функції, які забезпечують доступ до даних контролера зі стандартного Web браузера.
- FTP-функції, які дозволяють використовувати програмно-керований обмін даними FTP-клієнта, доступ до блоків даних через FTP-сервер, обробку даних файлової системи через FTP, передачу повідомлень по каналах електронної пошти.
- Установку IP адреси через DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) з використанням інструментальних засобів комп'ютера або через програмний блок.
- Захист доступу, який базується на використанні IP адреси.
- Підключення до внутрішньої шини контролера через одне

рознімання монтажної стійки.

- Підключення до мережі за допомогою 4-х компортів.
- Інтеграцію в систему керування шляхом підтримки протоколу SNMP.

Механічна конфігурація CP 443-1 Advanced характеризується наступними особливостями:

- 4 гнізда RJ45 для підключення до Industrial Ethernet.
- Знімний модуль пам'яті C-PLUG для збереження інформації (без модуля C-PLUG процесор CP 443-1 Advanced працювати не може).

Для контролерів SIMATIC S7-300 застосовується аналогічний модуль – комунікаційний процесор CP 343-1 Advanced.

*Комунікаційний процесор CP 443-5 Basic* призначений для підключення контролерів SIMATIC S7-400 до мережі PROFIBUS.

Він здатний підтримувати:

- Функції FMS-зв'язку.
- Інтерфейс SEND/RECEIVE.
- Функції зв'язку із програматором, пристроями й системами людино-машинного інтерфейсу.
- Функції зв'язку з іншими системами автоматизації SIMATIC S7/37.
- Синхронізацію дати й часу всіх мережних станцій.

Для контролерів SIMATIC S7-300 є аналогічний модуль – комунікаційний процесор CP 343-5.

*Комунікаційний процесор CP 443-5 Extended* виконує функції провідного DP пристрою й дозволяє одержувати від 4 до 10 додаткових ліній PROFIBUS DP на один базовий блок програмувального контролера.

Він здатний підтримувати:

- функції провідного пристрою PROFIBUS DP згідно з вимогами міжнародних стандартів IEC 61158/ EN 50170;
- функції зв'язку із програматором, пристроями й системами людино-машинного інтерфейсу;
- функції зв'язку з іншими системами автоматизації SIMATIC S7/37.

Для контролерів SIMATIC S7-300 є аналогічний модуль – комунікаційний процесор CP 342-5.

*Комунікаційні процесори CP 440* призначені для організації швидкісного обміну даними в послідовному форматі через PtP (Point-to-Point) інтерфейс.

PtP-інтерфейс дозволяє встановлювати зв'язок з наступними партнерами:

- програмувальними контролерами SIMATIC S7, а також контролерами інших виробників.
- персональними комп'ютерами й програматорами.
- принтерами, сканерами, модемами і т.д.
- вимірювальними приладами.

CP 440 оснащений вбудованим послідовним інтерфейсом RS422/RS485 (X.27), через який може підключатися до 31 пристроїв.

Модуль CP 440 здатний підтримувати два стандартні протоколи обміну даними:

- ASCII – для організації найпростіших варіантів зв'язку із системами інших виробників.
- 3964(R) – для організації зв'язку із пристроями SIEMENS або апаратурою інших виробників, які підтримують обмін даними по протоколу 3964 (R).

Для контролерів SIMATIC S7-300 є аналогічний модуль – комунікаційний процесор CP 340.

*Комунікаційні процесори CP 441* призначені для організації швидкісного обміну даними в послідовному форматі через PtP-інтерфейс.

Модуль випускається у двох модифікаціях:

- CP 441-1 з одним PtP-портом для розв'язку простих комунікаційних завдань.
- CP 441-2 із двома PtP-портами для побудови високопродуктивних систем зв'язку.

Комунікаційні процесори CP 441 здатні підтримувати найпоширеніші протоколи передачі даних:

- 3964 (R) – для зв'язку із приладами й пристроями виробництва фірми SIEMENS.
- RK 512 – для зв'язку з комп'ютерами (тільки CP 441-2).
- ASCII – для простого зв'язку з апаратурою різних фірм-виготовлювачів.

Для контролерів SIMATIC S7-300 є аналогічний модуль – комунікаційний процесор CP 341.

## 2.4 Функціональні модулі (FM)

Функціональні модулі призначені для розв'язку типових завдань автоматичного керування, до яких можна віднести завдання швидкісного рахунку, позиціонування, автоматичного регулювання й інші. Більшість функціональних модулів наділені інтелектом, який дозволяє зменшити навантаження центрального процесора контролера.

*Функціональні модулі включають до свого складу:*

- Модуль швидкісного рахунку FM 450-1.
- Модуль позиціонування серводвигунів FM 451.
- Модуль електронного командоконтролера FM 452.
- Модуль позиціонування крокових двигунів FM 453.
- Модуль автоматичного регулювання FM 455.
- Модуль розв'язку прикладних завдань FM 458-1DP.

*Функціональний модуль FM 450-1 – це інтелектуальний 2-канальний модуль швидкісного рахунку. Він дозволяє:*

- підраховувати імпульси інкрементальних датчиків позиціонування;
- контролювати дискретні сигнали датчиків положення, наприклад, фотоелектронних бар'єрів;
- виконувати функції порівняння вмісту лічильників із заданими значеннями;
- видавати дискретні сигнали на вбудовані дискретні виходи.

Усі операції виконуються автономно, живлення датчиків здійснюється від вбудованого в модуль блоку живлення.

FM 450-1 здатний обробляти сигнали двох інкрементальних датчиків позиціонування із частотами до 500 кГц. Напрямок рахунку задається зовнішніми імпульсними сигналами. Вплив на керований процес може здійснюватися двома способами:

1. Через вбудовані дискретні виходи, стани яких визначаються результатами операцій порівняння поточних значень рахунку із заданими величинами. Для кожного лічильника може встановлюватися три величини: вихідний стан (попередня установка), верхнє й нижнє граничні значення рахунку.

2. Передачею сигналів у центральний процесор по внутрішній шині контролера з використанням механізму переривань.

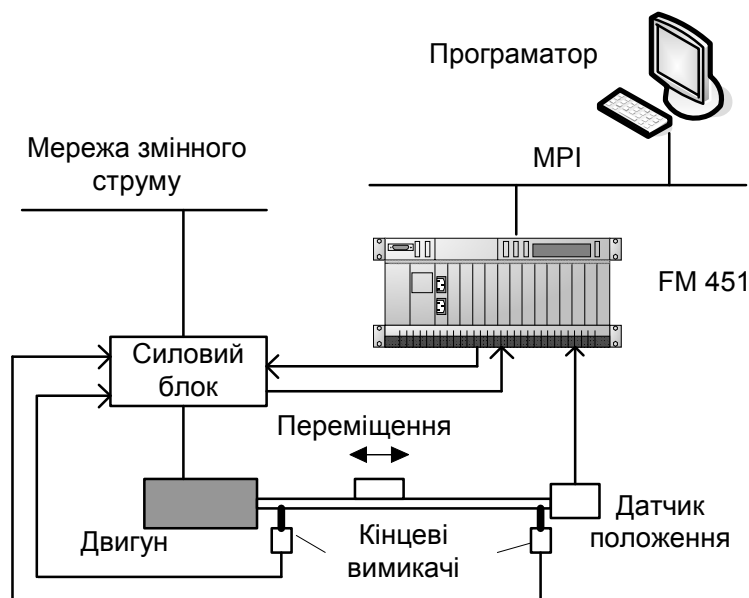
Обидва лічильника можуть використовувати для своєї роботи два числові діапазони:

- Нереверсивний рахунок – від 0 до +4294967295.
- Реверсивний рахунок – від -2147483648 до +2147483647.

*Інтелектуальний модуль позиціонування FM 451* застосовується для розв'язку завдань позиціонування по 3 осях із прискореною подачею робочого органа. Він здатний управляти роботою приводів, оснащених стандартними двигунами. Керування на двигуни формуються контакторами або перетворювачем частоти. Поточні координати переміщення контролюються за допомогою інкрементальних або послідовно-синхронних (SSI) датчиків положення.

Модуль знаходить застосування в системах керування пакувальними машинами, ліфтами, конвеєрами, устаткуванням для деревообробки й виробництва паперу, друкованими машинами, устаткуванням для виробництва виробів з гуми й пластмас.

На рисунку 2.1 наведена типова схема застосування модуля позиціонування для керування циклічними рухами механізму.



*Рисунок 2.1 - Типова функціональна схема керування позиціонуванням*

Кожний канал оснащено 4 дискретними виходами, які дозволяють управляти напрямком обігу двигуна, вибрати високу або низьку швидкість переміщення, робити запис поточної координати, дозволяти або забороняти роботу системи позиціонування.

Швидкість переміщення вибирається залежно від відстані до деякої точки зупинки, яка контролюється датчиком. При досягненні точки зупинки модуль перевіряє точність позиціонування з урахуванням заданих допусків і

посилає повідомлення в центральний процесор.

Модуль електронного командоконтролера FM 452 призначений для формування послідовності команд за аналогією з кулачковим командоконтролером. Запуск послідовності операцій проводиться по сигналу датчика положення, підключеного до входу модуля.

Модуль здатний працювати з інкрементальними й синхронно-послідовними датчиками позиціонування й дозволяє використовувати для формування команд до 32 кулачків, які впливають на стани 16 вбудованих дискретних виходів. Модуль знаходить застосування в системах керування свердильними й фрезерними верстатами, пресами й іншим устаткуванням.

На рисунку 2.2 показаний приклад застосування модуля командоконтролера FM 452 для керування приводом, який виконує складний рух у функції часу й шляху.

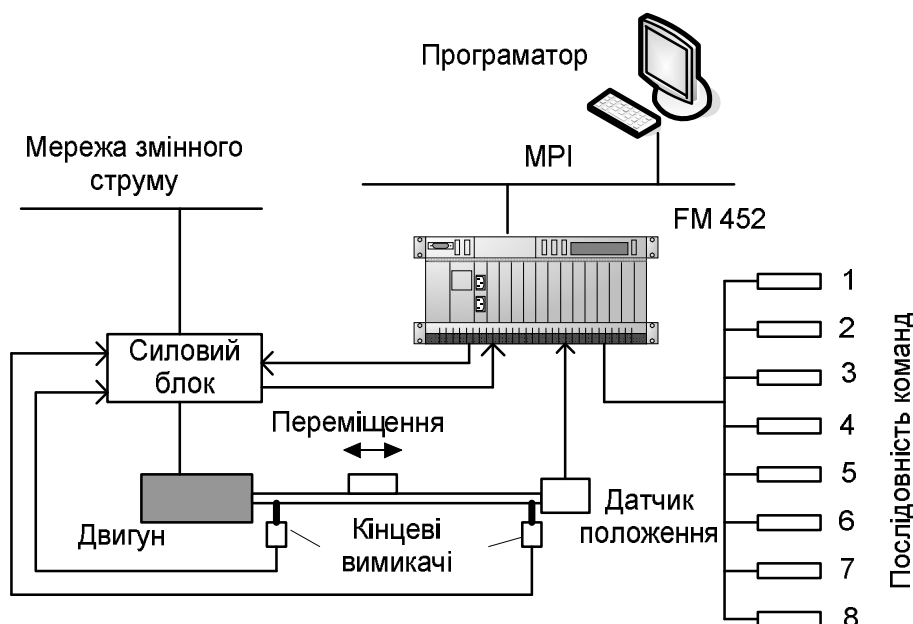


Рисунок 2.2 - Функціональна схема системи керування приводом за допомогою командоконтролера FM 452

Модуль забезпечує:

- Вимір пройденого шляху.
- Установку контрольних точок.
- Установку поточних значень параметрів.
- Зчитування миттєвих значень параметрів.
- Зрушення нуля.
- Зміна керуючих фронтів.

- Режим імітації.

*Інтелектуальний модуль позиціонування кроковими двигунами FM 453* призначений для розв'язку широкого кола завдань: від простого покрокового позиціонування до складних комплексних завдань із високими вимогами до часу реакції, точності й швидкості позиціонування. До одного модуля можна підключити до трьох приводів.

Модуль FM 453 знаходить застосування в системах керування машинами для виробництва паперу, текстильними й пакувальними машинами, типографськими верстатами, устаткуванням у харчовій промисловості, складальним устаткуванням.

У випадку простого переміщення від точки до точки задаються кінцева точка позиціонування й швидкість переміщення. Для більш складних завдань створюється програма переміщення, яка вводиться в FM 453 за допомогою програматора. Можливе програмування у режимі навчання. Параметри настроювання зберігаються в пам'яті модуля FM 453. Ці дані містять відомості про параметри машин, про необхідні компенсації, про параметри рухом або опис кроків руху від точки до точки.

Для виконання завдань позиціонування FM 453 може формувати:

- Аналогові сигнали  $\pm 10V$  для керування роботою електроприводів із серводвигунами.
- Імпульси керування електроприводами із кроковими двигунами, а також сигнал вибору напрямку обертання.

Контроль процесу позиціонування здійснюється за допомогою синхронно-послідовних (SSI) або інкрементальних датчиків позиціонування. У приводах із кроковими двигунами датчики позиціонування можуть не застосовуватися.

*Функціональний модуль FM 455* є універсальним інтелектуальним 16-канальним регулятором, який застосовується для розв'язку широкого кола завдань автоматичного регулювання. На його основі можуть бути побудовані системи регулювання температури, тиску, потоку й інших параметрів. Модуль випускається у двох модифікаціях:

- FM 455C – для побудови систем автоматичного регулювання з аналоговими виконавчими пристроями, які підключаються до 16 аналогових виходів модуля;
- FM 455S – для побудови систем імпульсного регулювання з керуванням через 32 вбудованих дискретних виходів.

Обидва модуля дозволяють створювати програмні структури



автоматичного регулювання й використовувати інтерактивну систему адаптації систем регулювання температури. Регулятори, побудовані на основі FM 455, здатні продовжувати свою роботу навіть у випадку зупинки центрального процесора контролера.

Модуль FM 455 здатний виконувати наступні функції:

- Здійснювати регулювання з використанням готових структур: регулятора з фіксованим настроюванням, системи каскадного регулювання, регуляторів пропорційної дії, а також систем трикомпонентного регулювання.

- Забезпечувати різні режими роботи – автоматичний, ручний, а також режими захищеного й безпечного керування.

- Здійснювати регульований крок квантування, який залежить від розрядності перетворення – для 12-розрядного перетворення від 20 до 180 мс, для 14-розрядного перетворення – від 100 до 1700 мс (визначається кількістю використовуваних аналогових каналів).

- Здійснювати оптимальне адаптивне регулювання температури, а також ПД-регулювання в системах, у яких не спостерігається великих динамічних відхилень регульованого параметра від заданих значень, наприклад, у системах автоматичного регулювання парових казанів, ливарних машин і т.д.

## **2.5 Цифрові модулі введення-виводу (SM)**

### ***Цифрові модулі введення***

Основні параметри сигнальних цифрових модулів введення SM321 (SM421 для контролерів S7-400) присутні в їхніх позначеннях. Так, наприклад, *SM 321; DI 32x24 VDC* являє собою модуль *уведення* (позначення DI) на 32 каналів для підключення датчиків з напругою живлення 24 В *постійного струму* (позначення VDC), а *SM 321; DI 8x120/230 VAC* – модуль введення на 8 каналів для підключення датчиків з номінальною напругою 120/230 В *змінного струму* (позначення VAC).

Датчики підключаються до модулів введення кабелем. Довжина неекранованого кабелю може досягати 600 м, а екранованого – 1000 м.

Усі модулі придатні для підключення двохпроводних датчиків типу перемикачів і трьохпроводних датчиків безконтактної дії типу BERO. Модулі відрізняються схемою з'єднання датчиків із задньою шиною модуля. Задня шина – це послідовна шина даних, через яку модулі обмінюються даними

один з одним і через яку вони одержують живлячу напругу.

Найпростішим варіантом з'єднання є резистивний дільник у з'єднанні з оптопарою (рис. 2.3).

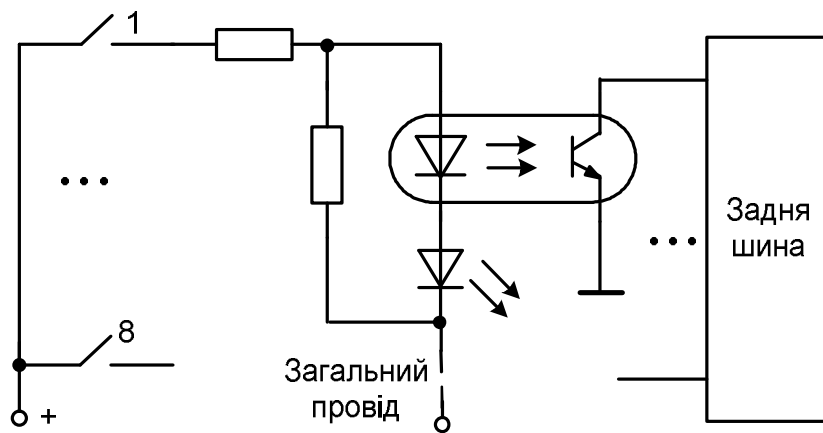


Рисунок 2.3 - Схема з'єднання датчика із задньою шиною через резистивний дільник і оптопару

Модулі уведення, які призначені для роботи з датчиками, що живляться від джерел змінного струму, мають іншу схему дільника. Тут застосовується резистивно-ємнісний дільник і випрямний міст (рис. 2.4).

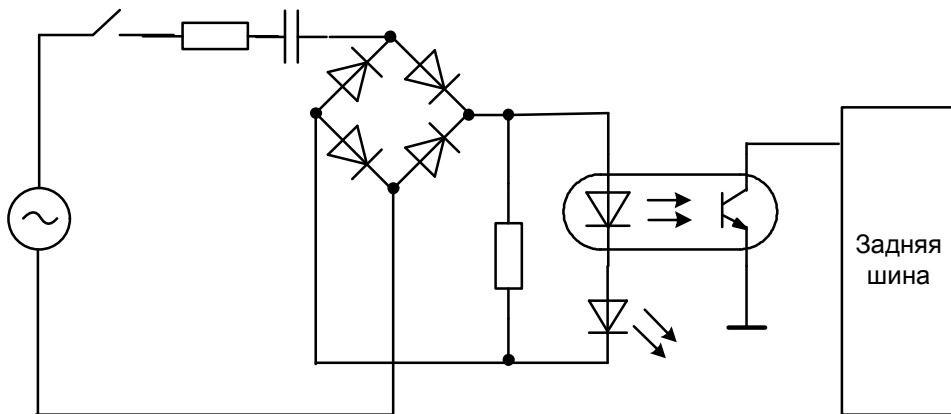


Рисунок 2.4 - Схема з'єднання датчика з модулем при живленні датчика напругою змінного струму

Слід урахувати, що рівням сигналів логічного нуля й логічної одиниці відповідає значний діапазон напруг.

Наприклад, у модулі *SM 321; DI 32x24 VDC* (номінальна напруга 24 В постійного струму) значенню сигналу «1» відповідає напруга від 13 до 30 В, а значенню сигналу «0» – від мінус 30 до плюс 5 В.

Входи модулів можуть бути як ізольованими (*SM 321; DI 16x24/48*

VUC), коли кожний датчик підключається до модуля зі своїм джерелом живлення, так і згрупованими, коли живлення подається на групу датчиків (4, 8 або 16 одиниць).

Групове живлення датчиків дозволяє скоротити витрати проводів для підключення датчиків.

### ***Цифрові модулі виводу***

У цифрових модулях виводу SM 322 або SM 422 з вихідними ланцюгами *постійного* струму передача сигналу із задньої шини модуля в ланцюг навантаження здійснюється через оптопару діод-транзистор і підсилювач постійного струму, який повинен одержувати живлення від зовнішнього джерела. Модулі різняться напругою живлення, припустимою силою струму в ланцюгах навантаження й частотою зміни вихідного сигналу.

Напруги живлення джерел постійного струму перебувають у діапазоні від 24 В до 125 В.

Модулі з вихідними ланцюгами постійного струму застосовують для підключення електромагнітних клапанів, контакторів постійного струму й сигнальних ламп. Максимальна частота перемикання становить 100 Гц для активного навантаження й 0,5 Гц для індуктивного навантаження.

Модулі з вихідними ланцюгами на *змінному* струмі застосовуються для керування електромагнітними вентилями, контакторами, пускачами, двигунами малої потужності й сигнальними лампами.

У модулях виводу змінного струму передача сигналів від задньої шини в ланцюг навантаження здійснюється через оптопару діод-семістор. Така схема з'єднання дозволяє комутувати напругу змінного струму до 230 В з навантаженням до 2 А (SM 322; DO 8x120/230 VAC/2 A).

У сімействі модулів виводу є також модулі з релейним виходом. У цих модулях у ланцюг колектора транзистора оптопару включене реле, контакти якого використовуються для керування зовнішніми реле або магнітними пускачами. Така схема дозволяє використовувати для живлення виконавчих пристроїв джерела постійного й змінного струму.

### ***Цифрові модулі введення-виводу SM 323***

У цю групу входять три модулі:

1. SM 323; DI 16/DO 16x24 VDC/0.5 A;
2. SM 323; DI 8/DO 8x24 VDC/0.5 A;
3. SM 327; DI 8/DX 8 VDC 24/0.5 A.

Усі модулі введення-виводу розраховані на підключення до джерел постійного струму напруги 24 В.

## 2.6 Аналогові модулі введення-виводу (SM)

### Аналогові модулі введення SM 331/SM 431

Аналогові модулі введення SM 331 у своєму позначенні містять інформацію про кількість каналів і кількість розрядів цифрового коду. Так, наприклад, модуль SM 331; AI 8x16 Bit має 8 каналів введення аналогового сигналу з перетворенням в 16-розрядний код. Старший розряд коду зазвичай використовується для позначення знаку сигналу, тому числове значення буде мати на один розряд менше.

Канали зазвичай групуються по 2, 4 або по 8. Залежно від типу модуля кожна група каналів може налаштовуватися на вимір струму, напруги, опору або температури. На рисунку 2.5, як приклад, показана функціональна схема підключення датчиків до модуля SM 331; AI 8x14 Bit; High Speed.

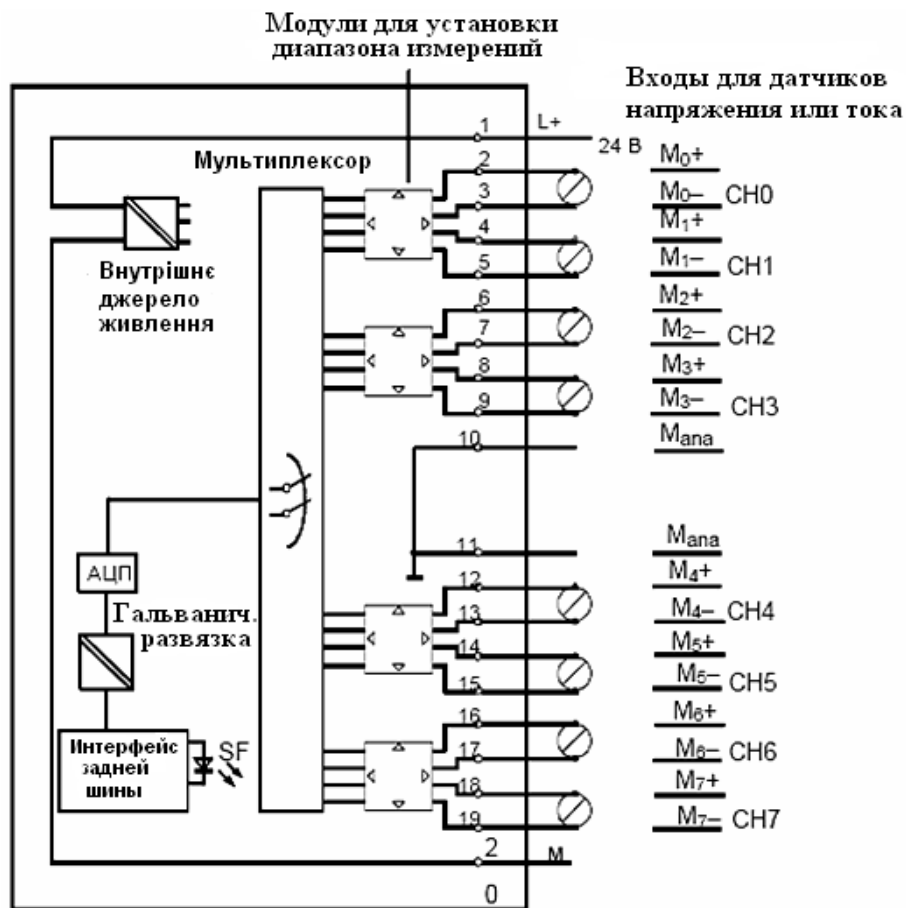
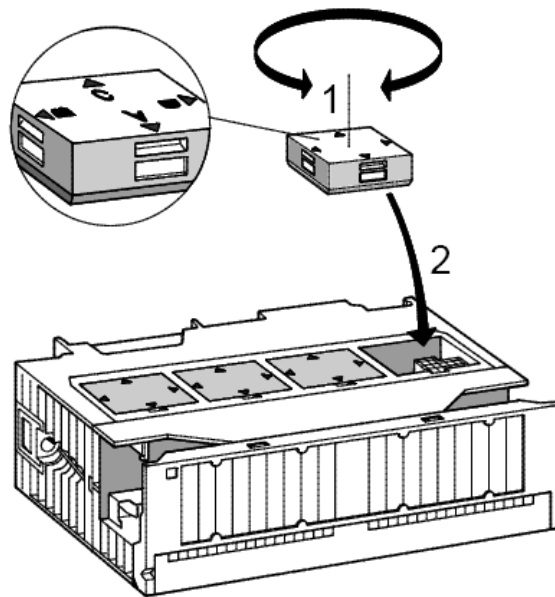


Рисунок 2.5 - Функціональна схема підключення модуля SM 331 AI 8

Для установки діапазону виміру використовуються спеціальні модулі налаштування діапазонів, які являють собою конфігураційну вставку. Процес

установки діапазону полягає в наступному (рис. 2.6):



*Рисунок 2.6 - Установка діапазону вимірів у модулі аналогового введення*

*Крок 1.* За допомогою викрутки модуль установки діапазону вимірів виймається з аналогового модуля.

*Крок 2.* Модуль для установки діапазону вимірів позиціонується (1) щодо гнізда аналогового модуля, так, щоб зазначений на ньому діапазон був спрямований на мітку в корпусі аналогового модуля.

*Крок 3.* Модуль для установки діапазону вимірів вставляється в аналоговий модуль введення (2).

Модуль установки має чотири положення: А, В, С, D. Положення А і В відповідають діапазонам обмірюваних напруг ( $\pm 1\text{В}$ ,  $\pm 5\text{В}$ ,  $\pm 10\text{В}$  та  $1\dots 5\text{В}$ ), а положення С і D – діапазонам виміру струмів ( $\pm 20\text{mA}$ ,  $0\dots 20\text{mA}$  та  $4\dots 20\text{mA}$ ). При використанні чотирьохпроводного вимірювального перетворювача струму модуль установки повинен перебувати в положенні С.

Для виміру напруги використовуються двохпроводні лінії підключення датчиків. Датчик напруги підключається з дотриманням полярності. На наведеній нижче схемі (рис. 2.7) L+ позначає позитивну клему джерела живлення модуля аналогового введення (24 В), а M+ позначає позитивне проведення схеми виміру.

Трьохпроводне або чотирьохпроводне підключення слід застосовувати з метою підвищення точності вимірів опорів і температури.

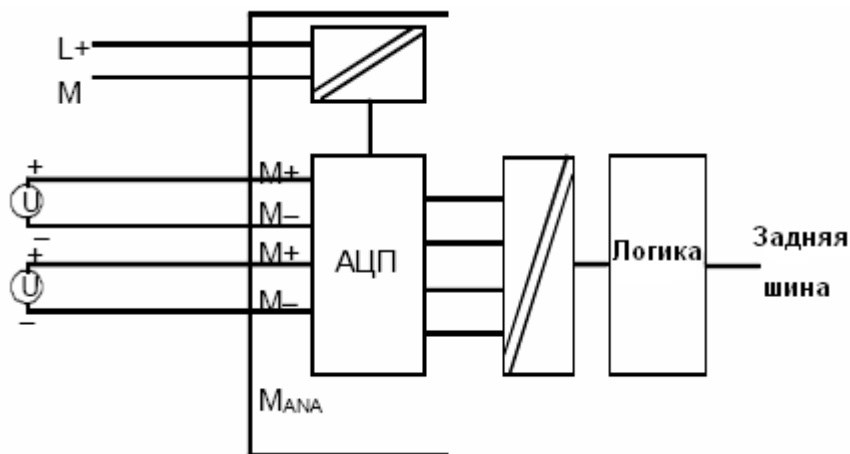


Рисунок 2.7 - Схема двохпроводного підключення датчиків напруги

При чотирьохпроводному підключенні модуль подає в схему виміру через клеми IC+ і IC- струм постійної величини, завдяки чому компенсується спад напруги, який виникає на сполучних кабелях. Важливо, щоб сполучні кабелі зі струмом постійної величини були безпосередньо підключені до термометра опору або резистору.

Приклад схеми чотирьохпроводного з'єднання термометра опору з модулем уведення показано на рисунку 2.8.

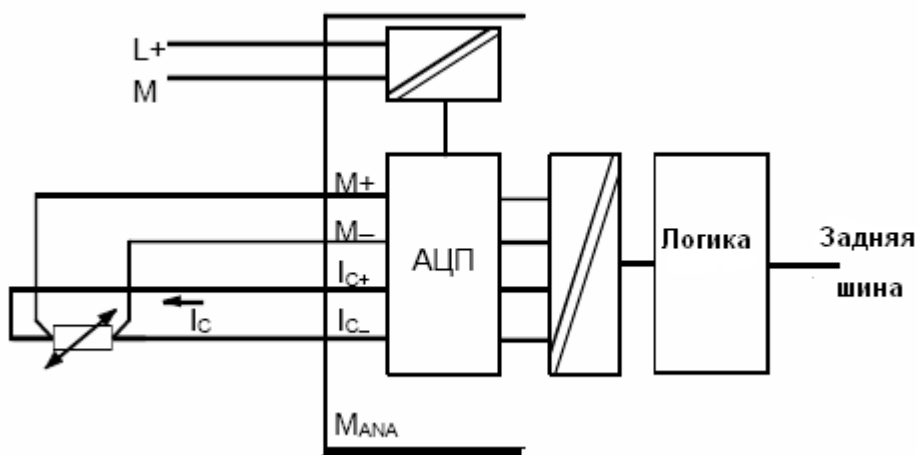


Рисунок 2.8 - Схема чотирьохпроводного підключення до аналогового модуля термометра опору

Для підключення термопар використовуються модулі, які підтримують роботу з необхідним типом термопар. Це пов'язане з необхідністю компенсації температури холодного спаю, характер якої залежить від типу термопар. Якщо вимірювальний спай термопар (рис. 2.9) зазнає дії температури, відмінної від температури вільних кінців термопар (точка

підключення), то між вільними кінцями виникає напруга, або термо-ЕРС (термоелектрорушійна сила). Величина термо-ЕРС залежить від відмінності між температурами вимірювального спаю й "холодного спаю" (вільних кінців), а також від комбінації матеріалів термопари.

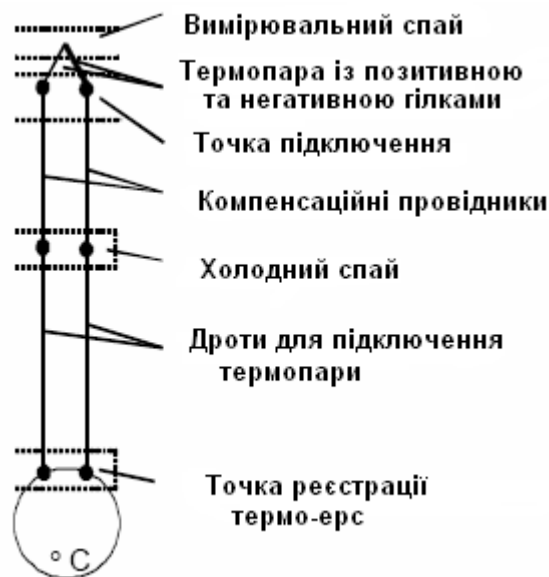


Рисунок 2.9 - Схематична вистава термопари

Зважаючи на те, що термопара завжди вимірює різницю температур холодного й гарячого спаю, вільні кінці повинні втримуватися при відомій температурі, наприклад  $0^{\circ}\text{C}$  або  $20^{\circ}\text{C}$ , щоб одержати точку відліку для температури вимірювального спаю.

Термопари можуть бути видалені від точки їх підключення за допомогою *компенсаційних* проводів. Ці компенсаційні провідники виконуються з того ж матеріалу, що й провідники термопари. У якості проводів з'єднання застосовуються мідні провідники.

Для компенсації температури холодного спаю (установки початку відліку температури) застосовуються два способи – внутрішня компенсація й зовнішня компенсація.

*Внутрішня* компенсація будується на тому принципі, що компенсаційні провідники підключаються до модуля аналогового введення таким чином, що холодний спай виявляється усередині модуля і його температура може бути визначена за допомогою, наприклад, термістора.

*Зовнішня* компенсація здійснюється за допомогою спеціального зовнішнього компенсаційного блоку, до якого підключаються компенсаційні провідники всіх термопар (рис. 2.10). Усередині компенсаційного блоку температури холодного спаю *стабілізується* спеціальними засобами.

Підключення компенсаційного блоку до модуля здійснюється мідними проводами.

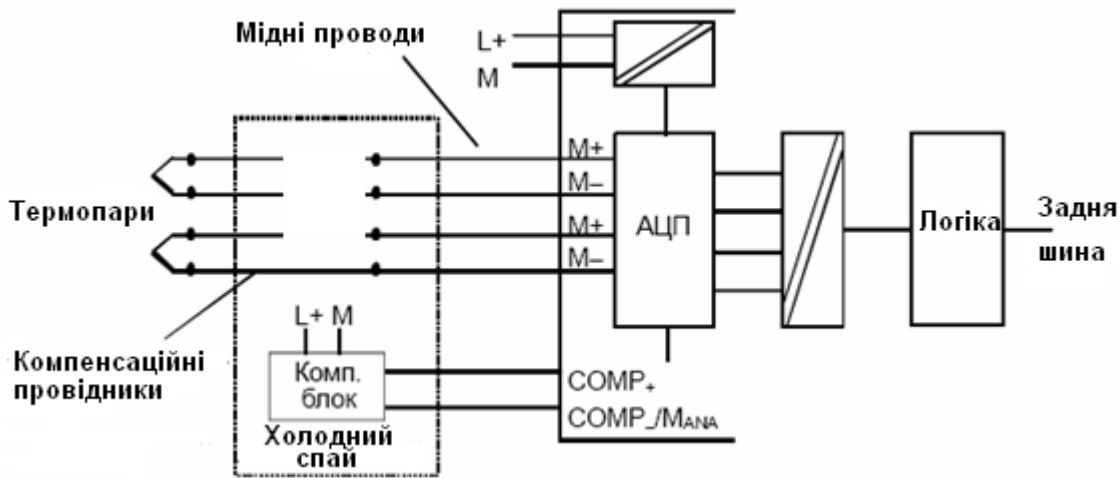


Рисунок 2.10 - Підключення терморпар з компенсаційним блоком

При підключенні датчиків довжина неекранованого мідного кабелю може досягати 50 м, а екранованого – 200 м.

Основний час перетворення аналогового сигналу в цифровий залежить від типу модуля й становить 10...100 мс. Після перетворення сигналу в одному каналі модуль повинен переключитися на інший канал у групі за допомогою оптичного МОП-реле. На це перемикання потрібно близько 12 мс. Тому основний час реакції модуля, який визначає цикл його опитування, перебуває в межах 24...816 мс. У цілому час реакції модуля залежить від часу інтегрування, який встановлюється при параметризації модуля. Для придушення синфазних перешкод на частоті 50 Гц рекомендується встановлювати час інтегрування 190-200 мс.

Деякі модулі аналогового введення дозволяють робити діагностику модуля, а також набудувувати апаратні переривання при виході обмірюваної величини за встановлені границі.

### **Модулі аналогового виводу SM 332/SM 432**

До модулів аналогового виводу ставляться:

1. Аналоговий модуль виводу SM 332/SM 432; АТ 8x12 Bit – забезпечує двох- і чотирьохпроводне підключення навантаження на 8 каналів виводу.
2. Аналоговий модуль виводу SM 332/SM 432; АТ 4x16 Bit – забезпечує тактову синхронізацію (4 каналу виводу).
3. Аналоговий модуль виводу SM 332/SM 432; АТ 4x12 Bit –



забезпечує можливість параметризації каналів (потенційні або струмові виходи).

4. Аналоговий модуль виводу SM 332/SM 432; AT 2x12 Bit – забезпечує роздільну параметризацію й можливість чотирьохпроводного підключення навантаження.

#### ***Аналогові модулі введення-виводу SM 334***

До аналогових модулів введення-виводу ставляться два модулі:

1. Аналоговий модуль введення-виводу SM 334; AI 4/AT 2x8/8 Bit призначений для виміру й виводу напруги або сили струму.

2. Аналоговий модуль введення-виводу SM 334; AI 4/AT 2x12 Bit призначений для виміру напруг, опорів і температури (4 каналу), а також для виводу напруги (2 каналу).

#### ***Контрольні питання***

1. Чим відрізняються центральні процесори CPU контролера S7-300?
2. Які типи центральних процесорів застосовуються в небезпечних виробництвах?
3. Як діляться центральні процесори контролерів S7-400?
4. Якими додатковими інтерфейсами забезпечуються центральні процесори контролерів S7-400?
5. Які функції реалізують інтерфейсні модулі IM 460-х і IM 461-х?
6. Для чого призначені інтерфейсні модулі IM 467 і IM 467 FO?
7. Які функції виконують інтерфейсні модулі IM 360, IM 361 і IM 365?
8. Які можливості забезпечують комунікаційні процесори CP 443-1?
9. Які функції реалізують комунікаційні процесори?
10. Які завдання можна вирішувати за допомогою функціональних модулів FM 450-1, FM 451, FM 452 і FM 453?
11. Чим відрізняються цифрові модулі введення, як вони позначаються?
12. Чим відрізняються цифрові модулі виводу, як вони позначаються?
13. Чим відрізняються аналогові модулі введення, як вони позначаються?
14. Чим відрізняються аналогові модулі виводу, як вони позначаються?
15. Як установлюється діапазон виміру в аналогових модулях введення?
16. Які переваги забезпечує трьохпроводне й чотирьохпроводне підключення датчиків до аналогових модулів введення?
17. Як здійснюється компенсація температури холодного спаю при застосуванні термопари?

## 3 ПРОЕКТУВАННЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ ПЕРИФЕРІЇ

### 3.1 Правила проектування децентралізованої периферії

#### *Послідовність проектування периферії*

Можливість створення комунікацій у розподіленій периферії визначається якістю конфігурування мережі.

Конфігурування мережі здійснюється в наступній послідовності:

1. Створюється графічне зображення мережі, яка складається з однієї або декількох підмереж.
2. Установлюються властивості й параметри для кожної підмережі.
3. Установлюються властивості й параметри для кожного вузла, який включається в мережу.
4. Установлюються властивості й параметри для кожного модуля, який включається у вузол.
5. Створюється документація по конфігурації мережі.

#### *Варіанти проектів PROFIBUS-DP*

Мережа PROFIBUS-DP забезпечує стандартний інтерфейс для передачі переважно двійкових даних процесу між інтерфейсним модулем у центральному програмувальному контролері й приладами польового рівня. При цьому *провідним* DP-пристроєм (DP-Master) є процесорний або інтерфейсний модуль центрального контролера, а прилади польового рівня називаються *веденими* DP-пристроями (DP-Slave).

Провідний DP-пристрій і всі керовані їм ведені DP-пристрої утворюють *систему провідного* DP-пристрою – майстер-систему (DP-master system).

При проектуванні PROFIBUS-DP можливі наступні варіанти проектних розв'язків:

- Проект із *простим* веденим DP (модульним або компактним) для обміну даними за схемою Slave  $\Leftrightarrow$  Master.
- Проект із *інтелектуальним* веденим DP, що забезпечує обмін даними за схемою ISlave  $\Leftrightarrow$  Master.
- Проект із *інтелектуальними* веденими DP і прямим обміном даними Slave  $\Rightarrow$  ISlave.
- Проект із *двома майстер-системами* DP і прямим обміном даними Slave  $\Rightarrow$  Master.
- Проект із *двома майстер-системами* DP і прямим обміном даними Slave  $\Rightarrow$  ISlave.

Розглянемо особливості цих проектів.

**Проект із простим (модульним або компактним) веденим DP і обміном даними за схемою Slave ↔ Master**

У цій конфігурації (рис. 3.1) обмін даними між провідним DP і простими веденими DP, наприклад, модулями введення-виводу, відбувається під управлінням майстра DP.

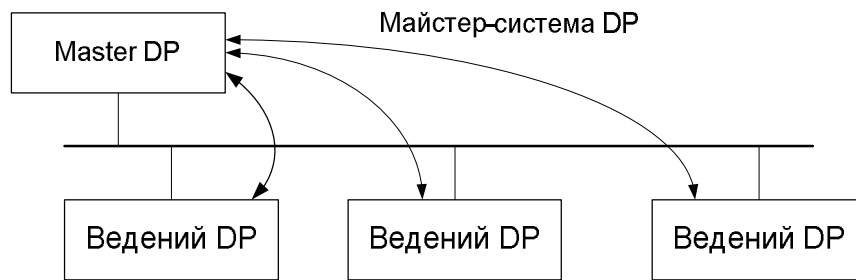


Рисунок 3.1 - Структура майстер-системи із простими модулями DP

Майстер DP послідовно опитує ведені DP, а наприкінці робочого циклу здійснює передачу даних на ведені DP, внесені в список майстри-системи. Адреси входів і виходів ведених DP призначаються при конфігуруванні системи автоматично.

Ця конфігурація відома як *мономастер-система*, тому що до однієї фізичної підмережі ведених DP підключений один майстер.

**Проект із інтелектуальним веденим DP і обміном даними за схемою ISlave ↔ Master**

Задачі автоматизації можна розділити на окремі підзадачі, які можна реалізувати на інтелектуальних ведених DP. Приклад структури такої системи показано на рисунку 3.2.

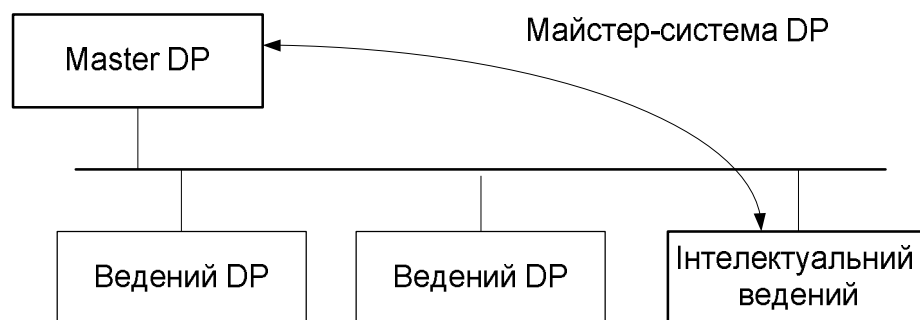
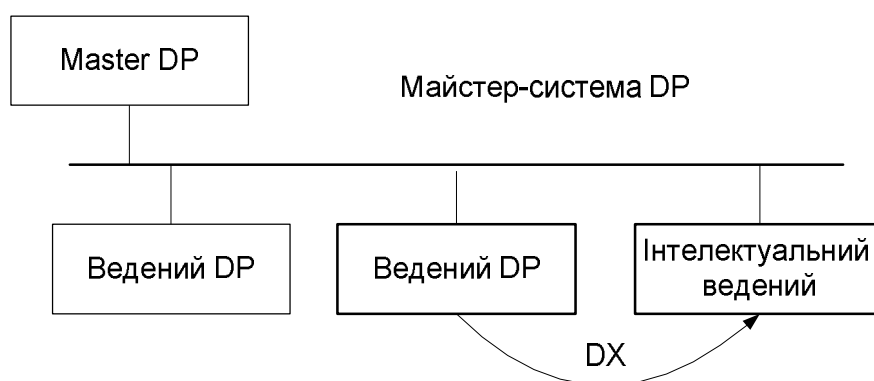


Рисунок 3.2 – Структура майстер-системи з інтелектуальним веденим DP і схемою обміну ISlave ↔ Master

Особливість проекту полягає в тому, що при конфігуруванні інтелектуальних ведених DP (ISlaves), таких як CPU 315-2DP, кожному вхідному й вихідному модулю повинна бути визначена *адресна область*. Тому майстрові DP призначається тільки *визначення області* адресного простору веденого модуля. При обміні даними з майстром DP інтелектуальний модуль звертається до цієї області, а при реалізації завдання – до відповідних областей власної системної пам'яті.

***Проект із інтелектуальними веденими DP і прямим обміном даними за схемою Slave ⇔ ISlave***

У цій конфігурації (рис. 3.3) вхідні дані з ведених DP можуть бути прямо передані (DX) інтелектуальним веденим DP.



*Рисунок 3.3 – Структура майстер-системи з інтелектуальним веденим DP і схемою обміну даними Slave ⇔ ISlave*

Однак, для реалізації проекту повинні бути використані тільки такі ведені DP, як CPU 315-2DP.

***Проект із двома майстер-системами DP і прямим обміном даними за схемою Slave ⇔ ISlave***

Якщо в одній фізичній підмережі PROFIBUS-DP є декілька майстрів DP, то така система називається *мультимастерною системою*. У цій конфігурації (рис. 3.4) інтелектуальні ведені DP передбачають пряму передачу у свою область вхідних даних з веденого DP, навіть якщо він перебуває в іншій майстер-системі DP.

***Проект із двома майстер-системами DP і прямою передачею даних Slave ⇔ Master.***

У мультимастерних системах однієї фізичної підмережі PROFIBUS-DP вхідні дані з інтелектуального або простого веденого DP можуть бути безпосередньо прочитані провідним DP іншої майстер-системи (рис. 3.5).

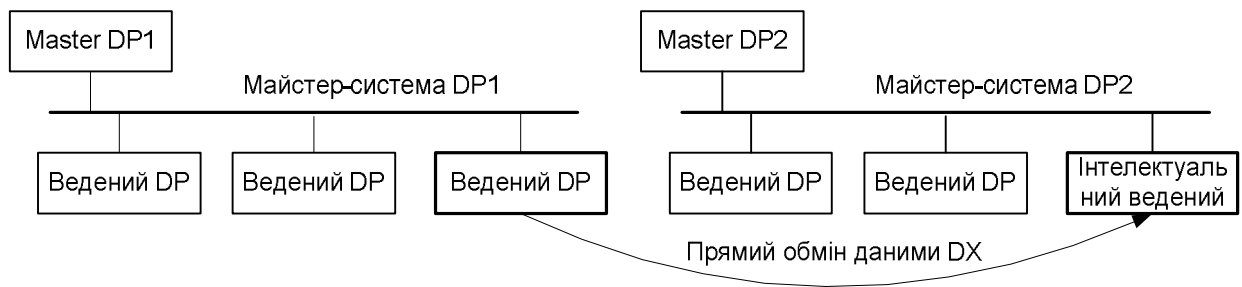


Рисунок 3.4 - Структура мультимастерної системи

Цей механізм називається “загальний вхід”, оскільки вхідні дані використовуються за межами деякої майстер-системи DP.

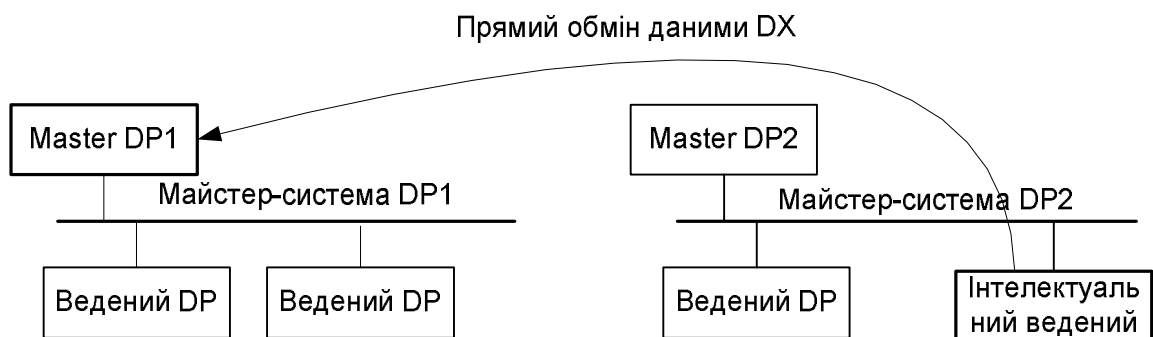


Рисунок 3.5 – Структура мультимастерної системи із прямою передачею даних Slave ⇌ Master

### 3.2 Проектування розподіленої периферії на PROFIBUS-DP

#### Засоби мережі PROFIBUS-DP

PROFIBUS-DP – це протокол розподіленої периферії (Decentralized Peripheral), орієнтований на забезпечення швидкісного обміну даними між провідними DP-пристроями й веденими DP-пристроями. Протокол характеризується високою стійкістю до впливу зовнішніх електромагнітних полів. Він розроблений для високошвидкісних і недорогих систем.

Швидкість передачі даних може перебувати в межах від 9,6 Кбіт/с до 12 Мбіт/с.

По електричним параметрам інтерфейс PROFIBUS близький до RS-485, але відрізняється наявністю мережних карт, у яких використовується двохпортова рефлексивна пам'ять, яка дозволяє пристроям обмінюватися даними без завантаження процесора контролера.

До провідного DP-пристрою сегмента мережі може бути підключено до 32 станцій, у всій мережі допускається включення до 127 станцій.

Найбільше поширення одержали системи PROFIBUS-DP з одним провідним DP-пристроєм (mono master system).

Практичний приклад такої системи показано на рисунку 3.6.

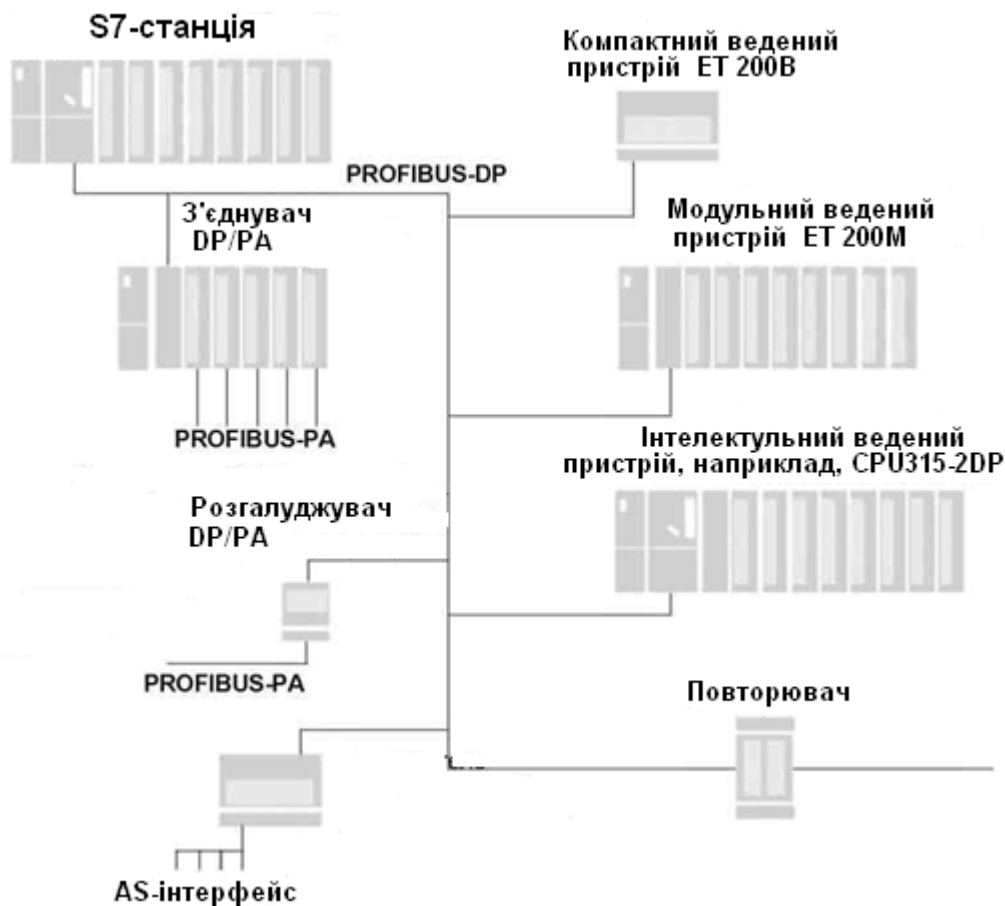


Рисунок 3.6 - Приклад системи з одним провідним DP-пристроєм

Варіант мережі PROFIBUS-DP з декількома провідними DP-пристроями (multi master system) гірше тому, що він створює проблему доступу – у той час, як один провідний DP-пристрій ініціює ведені DP-пристрої, інший провідний DP-пристрій не має до них доступу.

*Провідний DP-пристрій* (DP-Master) є активним вузлом мережі PROFIBUS. Цей пристрій обмінюється даними з веденими DP-пристроями циклічно.

Провідним DP-пристроєм може бути:

- CPU, наприклад, CPU 315-2DP або CPU 417 із вбудованим інтерфейсом провідного DP-пристрою або із установленим інтерфейсним модулем.

- Інтерфейсний модуль, наприклад, ІМ 467 у комбінації з CPU.
- Комунікаційний процесор, наприклад, CP 342-5 або CP 443-5 у комбінації з CPU.

Існують провідні DP-пристрої 1 класу, призначені для обміну даними при обробці процесу, і провідні DP-пристрої 2 класу, призначені для обслуговування й діагностики, наприклад, програматори.

*Ведені DP-пристрої (DP Slaves)* є пасивними вузлами мережі PROFIBUS. В SIMATIC S7 розрізняють наступні ведені DP-пристрої:

- Компактні ведені пристрої, які поводяться як окремі модулі стосовно ведучого DP-пристрою.
- Модульні ведені пристрої, що складаються з декількох модулів або підмодулів.
- Інтелектуальні ведені пристрої, що містять програму керування для власних підлеглих модулів.

До *компактних* ведених DP-пристроїв ставляться наступні пристрої:

- ET200B і ET200C у версії для дискретних вхідних/вихідних модулів або аналогових вхідних/вихідних модулів, що забезпечують максимальну швидкість передачі даних 12 Мбіт/с.
- ET200 L-SC у дискретно-модульній конструкції з можливістю вільного комбінування кількості дискретних і аналогових модулів введення-виводу, що забезпечує максимальну швидкість передачі даних 1,5 Мбіт/с.
- Шинні шлюзи, такі як з'єднувач DP/AS-I (DP/AS-I Link).

Прикладом *модульних* ведених DP-пристроїв може служити пристрій ET200M. Його конструкція аналогічна конструкції станції S7-300. Пристрій ET200M має профільну шину DIN, модуль блока живлення, інтерфейсний модуль ІМ 153 (на місці CPU) і до 8 сигнальних модулів (SM) або функціональних модулів (FM).

Іншим прикладом модульного веденого DP-пристрою є станція ET200S. У цілому одна станція ET200S дозволяє встановлювати до 63 модулів різного призначення, у тому числі силових модулів і перетворювачів, а також обслуговувати до 128 дискретних або до 64 аналогових каналів введення-виводу.

### ***Інтелектуальні ведені PROFIBUS DP-пристрої***

Прикладом інтелектуальних (програмувальних) ведених DP-пристроїв може послужити станція S7-300, у якій задіяний CPU з DP-інтерфейсом і режимом веденого, а також станція S7-300 з комунікаційним процесором CP 342-5 у режимі веденого (slave) пристрою. У якості інтелектуального

веденого DP-пристрою може працювати також станція ET200X з базовим модулем BM 147/CPU.

### ***Підключення до PROFIBUS-PA***

PROFIBUS-PA (Process Automation) – це шинна система для автоматизація процесу у вибухонебезпечних зонах, або в так званих, Ex-зонах.

Існують два способи з'єднання PROFIBUS-DP і PROFIBUS-PA:

- DP/PA *відгалужувач* (DP/PA coupler), який забезпечує одну швидкість передачі даних – 45,45 кбіт/с.

- DP/PA *з'єднувач* (DP/PA link), який забезпечує узгодження різних швидкостей обміну в PROFIBUS-DP і PROFIBUS-PA.

DP/PA *відгалужувач* дозволяє підключати PA-прилади польового рівня до мережі PROFIBUS-DP. У мережі PROFIBUS-DP *відгалужувач* DP/PA має статус веденого DP-пристрою. До одного DP/PA *відгалужувача* можна підключити не більше 31 PA-приладів польового рівня. Така сукупність польових приладів створює сегмент PROFIBUS-PA зі швидкістю обміну даними 31,25 кбіт/с. Узяті разом сегменти PROFIBUS-PA утворюють шинну систему загального використання (shared).

DP/PA *відгалужувач* може мати два варіанти виконання:

- Звичайний з вихідним струмом до 400 мА;
- Ex-версії з вихідним струмом до 100 мА.

DP/PA *з'єднувач* дозволяє підключати PA-прилади польового рівня до мережі PROFIBUS-DP і забезпечувати швидкість обміну даними від 9,6 кбіт/с до 12 Мбіт/с. DP/PA *з'єднувач* має у своєму складі інтерфейсний модуль IM 157 і допускає установку до 5 одиниць DP/PA *відгалужувачів*.

### ***Підключення до послідовного інтерфейсу***

Для з'єднання інтерфейсу PROFIBUS-DP із інтерфейсом RS 232C (V.24) використовується з'єднувач PROFIBUS-DP/RS-232C (PROFIBUS-DP/RS-232C link). З'єднувач DP/RS-232C підтримує протоколи 3964R та ASCII і є конвертором. У фреймі передається до 224 байт даних користувача.

З'єднувач DP/RS-232C забезпечує підключення приладів способом “точка до точки”. Дані передаються зі збереженням консистентності в обох напрямках. Швидкість передачі даних по з'єднанню PROFIBUS-DP/RS-232C становить 38,4 кбіт/с.



### 3.3 Принципи організації розподіленої периферії з використанням AS-інтерфейсу

AS-інтерфейс (Actuator-Sensor Interface, інтерфейс привод-датчик) – це мережна система для обміну даними з устаткуванням процесу нижнього рівня керування.

Провідний пристрій AS-і може управляти групою, що включає до 31 одиниць ведених пристроїв AS-і. Керування забезпечується по двохпроводній AS-і лінії, по якій передається як живляча напруга, так і інформаційні сигнали (рис. 3.8). Кабель AS-і має конструкцію, що забезпечує легкість з'єднання з будь-яким модулем і неможливість підключення з неправильною полярністю.

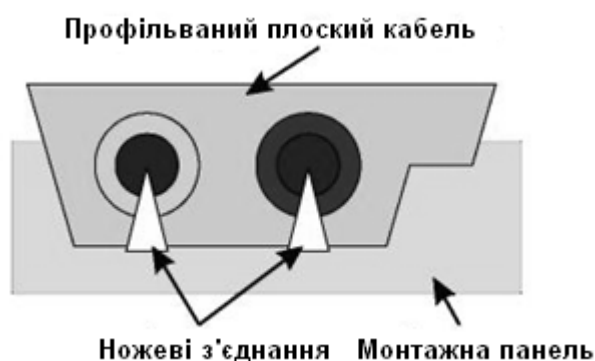


Рисунок 3.8 - Форма AS-і кабелю й спосіб його з'єднання з модулем

Ведені пристрої AS-і – це приводи або датчики із шинною організацією або AS-і модулі, до яких можна підключити до 8 двійкових датчиків або приводів. Максимальна довжина сегмента AS-і складає 100 м. Ця довжина сегмента може бути збільшена вдвічі при застосуванні повторювача або розширника.

При застосуванні повторювача ведені пристрої AS-і і джерела живлення повинні бути присутніми на вхідній і вихідній лініях повторювача. При застосуванні розширника ведені пристрої AS-і і джерело живлення повинні бути тільки на лінії, що йде від провідного пристрою AS-і.

Провідний пристрій AS-і (AS-і master) обновляє свої дані й дані всіх підключених до нього ведених пристроїв AS-і з інтервалом часу, що не перевищує 5 мс. Шина AS-і може бути підключена безпосередньо до SIMATIC S7 за допомогою комунікаційного процесора CP 342-2. Підключення до мережі PROFIBUS-DP виконується за допомогою DP/AS-інтерфейсного з'єднувача (рис. 3.9).

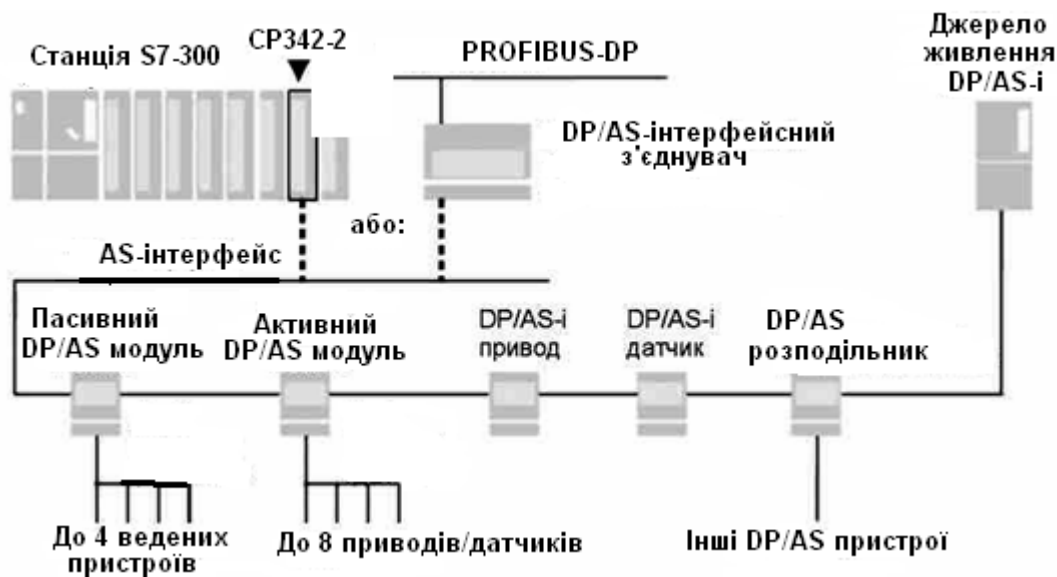


Рисунок 3.9 - Варіанти організації шини AS-інтерфейсу

Комунікаційний процесор CP 342-2 може бути використаний як провідний пристрій AS-і не тільки в станції S7-300, але й у станції ET200M. Він підтримує два робочі режими – стандартний і розширений.

У стандартному режимі CP 342-2 поводить себе як модуль вводу-виводу. В адресному полі він займає 16 вхідних байт і 16 вихідних байт (в аналоговому адресному просторі поле починається з адреси 256). Ведені пристрої AS-і параметризуються в CP.

У розширеному режимі реалізується повний набір функціональних можливостей провідного пристрою AS-і. Виклики провідного пристрою можуть виконуватися із програми користувача з використанням функціональних блоків FC.

DP/AS-інтерфейсний з'єднувач забезпечує підключення AS-і приводів і AS-і датчиків до мережі PROFIBUS-DP, причому в мережі PROFIBUS-DP з'єднувач має статус модульного веденого DP-пристрою, а в мережі AS-інтерфейсу він має статус провідного, який може контролювати до 31 пристроїв.

При максимальному числі ведених AS-і пристроїв DP/AS-інтерфейсний з'єднувач займає 16 вхідних байт і 16 вихідних байт. Для входів і виходів кожного Slave завжди резервується 4 біта.

DP/AS-інтерфейсний з'єднувач може виконуватися у двох варіантах:

- версія 65 для жорстких умов експлуатації зі ступенем захисту IP 66/67;
- версія 20 зі ступенем захисту IP 20 з можливістю установки

додаткового командного інтерфейсу, з яким і для входів, і для виходів діапазон адрес зростає до 20 байт.

### 3.4 Конфігурування станції децентралізованої периферії ET200M

#### *Принципи використання станцій ET200M*

При значних видаленнях уведень-виводів від контролера електричний монтаж може стати дуже об'ємним, а електромагнітні перешкоди можуть завдати шкоди надійності роботи. Для таких установок рекомендується використовувати систему децентралізованої периферії ET200.

Пристрій децентралізованої периферії ET200M є Slave-пристроєм DP у системі децентралізованої периферії. Він складається з наступних компонентів:

- джерело живлення (PS);
- підлеглий інтерфейсний модуль IM 153-1, IM 153-2 або IM 153-3;
- до 8 сигнальних модулів (SM), функціональних модулів (FM) або комунікаційних процесорів (CP). При цьому модулі FM і CP взаємодіють тільки з модулем DP-MASTER.

#### *Вибір інтерфейсного модуля*

Залежно від мети використання можна застосовувати три різних підлеглих інтерфейсних модулів IM 153.

На рисунку 3.9 показаний приклад конфігурації ET200M с CPU 315-2DP у якості Master-пристрою й IM 153-1 як пристрій децентралізованої периферії. У такій конфігурації обслуговуються *тільки сигнальні модулі* станції ET200M.

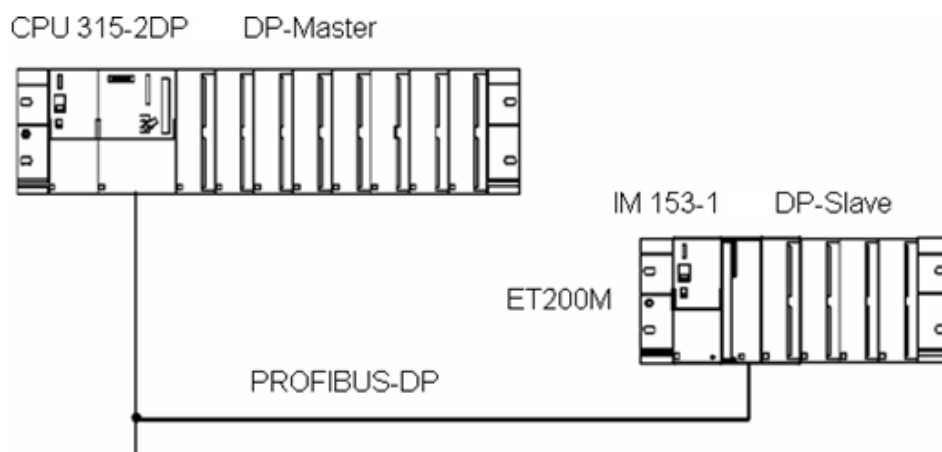


Рисунок 3.9 - Приклад конфігурації з IM 153-1

На рисунку 3.10 показаний приклад конфігурації ET200M с IM 153-2. Через IM 153-2 Master-пристрій DP або PG/OP можуть безпосередньо обмінюватися інформацією із *сигнальними й функціональними модулями*. Сіра лінія показує можливі "комунікаційні шляхи".

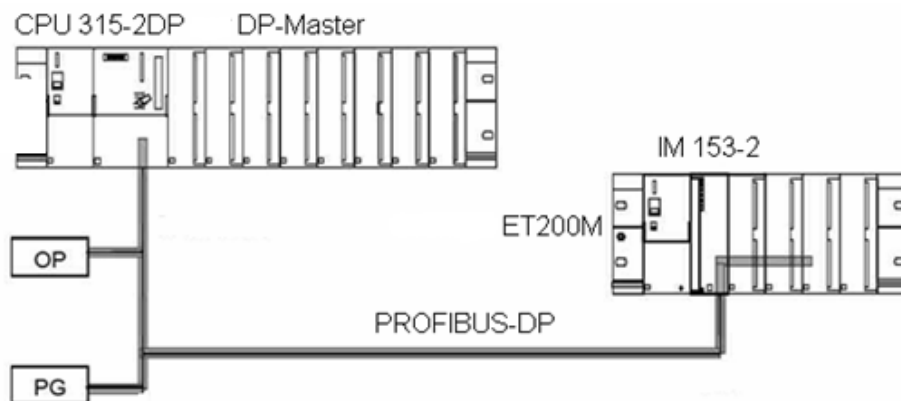


Рисунок 3.10 - Приклад структури з IM 153-2

На рисунку 3.11 показаний приклад конфігурації ET 200M с IM 153-3 і резервної PROFIBUS на H-системі. Інтерфейсний модуль IM 153-3 дозволяє зв'язати станцію ET200M с двома Master-пристроями.

Таким чином, інтерфейсний модуль вибирається згідно з вимогами комунікацій.

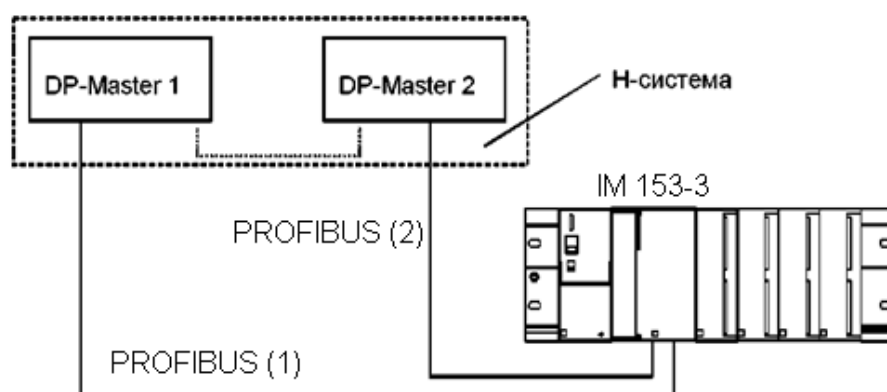


Рисунок 3.11 - Приклад конфігурації з IM 153-3

### ***Механічна конфігурація станції ET200M***

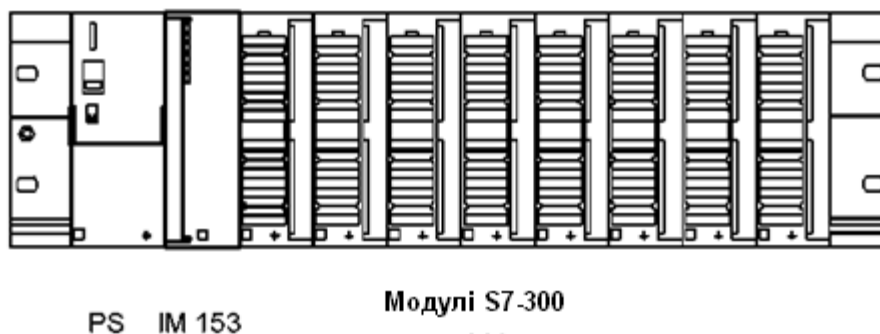
При проектуванні механічної конфігурації, насамперед, потрібно брати до уваги споживання струму з боку модулів.

ET200M може бути змонтований не більш, ніж на одному носії модулів (профільній шині), тому що з'єднання через інтерфейсні модулі з іншими

носіями неприпустимо.

Для розміщення модулів на носії слід урахувати, що справа від ІМ 153 можна вставити не більш 8 модулів (сигнальних, функціональних і комунікаційних).

На рисунку 3.12 показане розміщення модулів у структурі ET200M.



*Рисунок 3.12 - Розміщення модулів ET200M*

Модулі одержують необхідний для їхньої роботи струм із задньої шини, а також із зовнішнього джерела живлення. Слід урахувати, що ІМ 153 поставляє для задньої шини живлення, обмежене струмом 1А. Тому при проектуванні ET200M необхідно визначити споживання струму й потужність втрат у станції. Визначення споживаного струму дозволить вибрати блок живлення, а визначення потужності втрат дозволить обґрунтовано вибрати розміри шафи й способу його вентиляції.

Розглянемо приклад визначення споживаної сили струму для станції ET200M. Нехай станція складається з наступних модулів:

- 1 джерело живлення PS 307 зі струмом 2 А;
- 1 інтерфейсний модуль ІМ 153-1 для підключення до PROFIBUS;
- 4 цифрових модуля введення SM 321; DI 16 DC 24 В;
- 3 цифрових модуля виводу SM 322; DO 16 DC 24 В.

Знайдемо споживані для вищенаведеної структури ET200M. Занесемо всі модулі й споживані ними струми в таблицю 3.1. Баланс струмів визначимо підсумовуванням значень.

З таблиці 3.1 одержуємо наступні результати:

1. Споживання струму із задньої шини всіма сигнальними модулями в цілому становить 420 мА й, таким чином, не перевищує 1А, що поставляє в задню шину ІМ 153-1.

Таблиця 3.1 - Баланс струмів і потужності втрат у станції ET200M

Модуль станції		Споживання струму із задньої шини 5 В	Споживання струму від джерела живлення 24 В
Джерело живлення	PS 307 (2 А)		поставляє 2 А
	ІМ 153-1	поставляє 1А	споживає 650 мА
4 цифрових модуля введення SM 321 (5В і 24В)		$(4 \times 25) = 100$ мА	$(4 \times 25) = 100$ мА
4 цифрових модуля виводу (5В і 24 В)		$4 \times 80$ мА = 320 мА	$4 \times 120$ мА = 480 мА
Сума		420 мА	1230 мА

2. Споживання струму із джерела живлення навантаження 24В усіма модулями становить 1,23 А. Таким чином, живлення навантаження 24 В може здійснюватися від джерела живлення PS 307 (2 А).

Після вибору модулів їм потрібно привласнити номери слотів. Схема нумерації слотів наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Нумерація слотів у станції ET200M

№ слота	Модуль	Примітка
1	Джерело живлення (PS)	Використання джерела живлення не обов'язково
2	ІМ 153	Займає 2 слота
3	-	
4	1-й модуль S7-300	Справа від ІМ 153
5	2-й модуль S7-300	
...	...	...
11	8-й модуль S7-300	

### **Визначення часу реакції модуля**

Час реакції для ET200M залежить від наступних факторів:

- час обробки даних в ET200M;
- запізнювання входів і виходів.

Час обробки даних усередині ET200M становить 1 мс. За цей час відбувається обробка даних в ІМ 153-1 і передача даних усередині станції на інші модулі. Запізнювання в цифрових електронних модулях дискретного

введення можна не враховувати. Якщо використовуються релейні виходи модулів виводу, то потрібно враховувати типовий час запізнювання від 10 до 20 мс. Запізнювання релейних виходів залежить, серед іншого, від температури й напруги.

Для аналогових виходів потрібно враховувати час перетворення аналогової величини.

І, нарешті, при застосуванні модуля ІМ 153-3 (у резервованих системах) необхідно враховувати час перемикання між провідними модулями PROFIBUS, який становить близько 30 мс плюс 2 циклу DP.

### **3.5 Конфігурування станції децентралізованої периферії ET200S**

Станції ET 200S використовуються для побудови систем розподіленого введення-виводу в промислових мережах PROFIBUS DP або PROFINET з використанням програмувальних контролерів SIMATIC S7-300, S7-400, а також систем автоматизації C7.

Станція ET 200S може включати наступні модулі:

- Інтерфейсний модуль для підключення станції до мережі PROFIBUS DP або PROFINET, а також для підтримки обміну даними із провідним пристроєм.
- Електронні модулі введення-виводу дискретних і аналогових сигналів.
- Технологічні модулі для розв'язку завдань позиціонування, зважування, швидкісного рахунку, комунікаційного обміну даними.
- Фідери навантаження, призначені для комутації трифазних ланцюгів змінного струму потужністю до 7,5 кВт.
- Перетворювачі частоти потужністю до 4 кВт.
- Додаткові модулі для забезпечення безпеки роботи (PM-E, PM-D).

*Примітка:* Для моніторингу зовнішніх ланцюгів електронних і технологічних модулів у складі станції повинен використовуватися хоча б один модуль PM-E. Для моніторингу ланцюгів живлення силових модулів необхідний хоча б один модуль PM-D.

Приклад конфігурації станції ET200S наведено на рисунку 3.13.

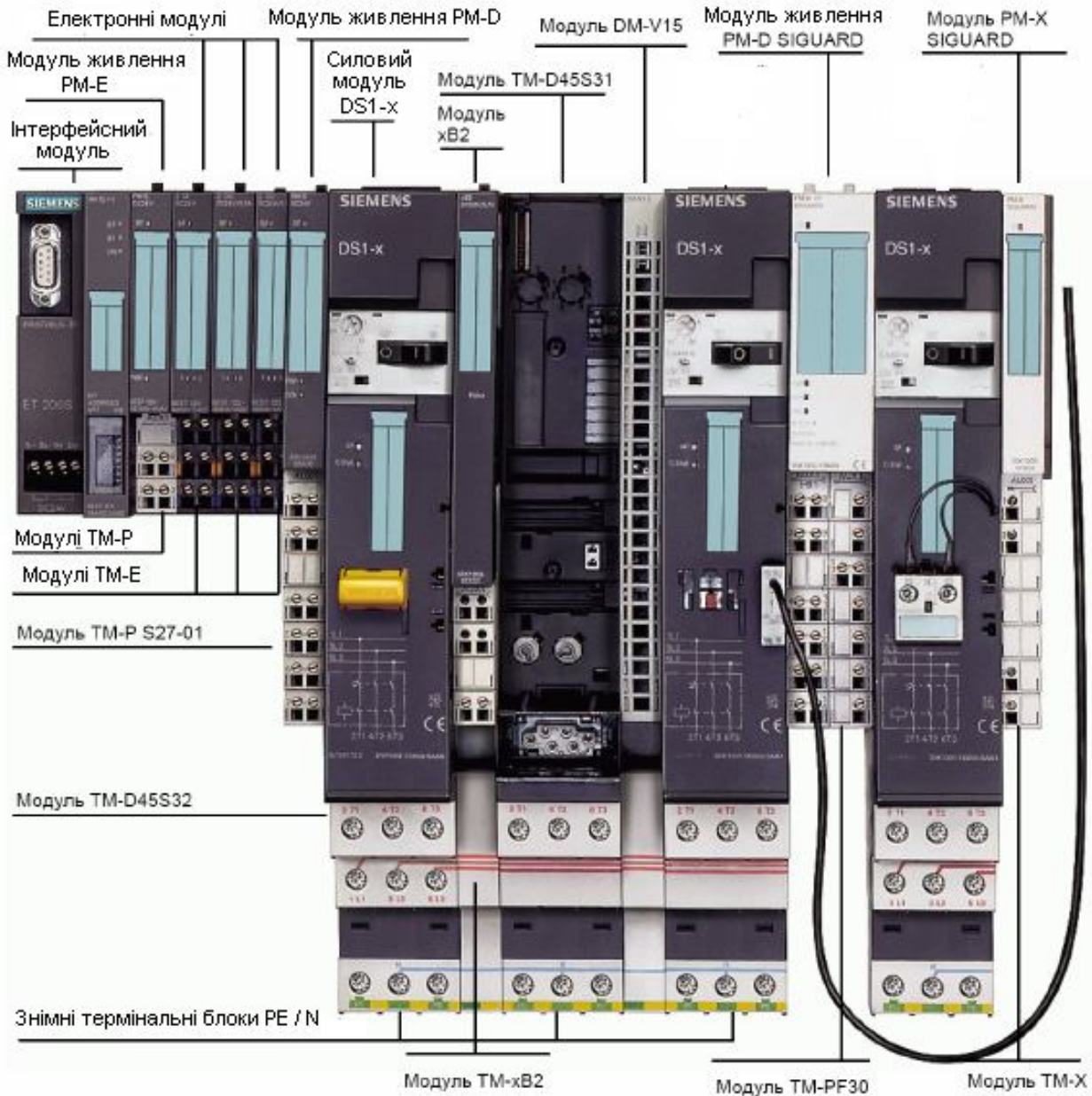


Рисунок 3.13 – Приклад конфігурації станції ET200S

### Інтерфейсні модулі

ET200S може комплектуватися інтерфейсними модулями декількох типів. Вибір типу інтерфейсного модуля визначається кількістю використовуваних у станції модулів, видом інтерфейсу для підключення до мережі, можливостями виконання попередньої обробки даних на рівні станції.

При виборі інтерфейсного модуля необхідно враховувати наступні особливості його застосування.

1. Інтерфейсні модулі IM 151-1 використовуються для підключення ET200S до мережі PROFIBUS DP (інтерфейс RS-485) і підтримки обміну



даними із провідним DP-пристроєм. Модуль IM 151-1 Basic забезпечує передачу 88 байт на телеграму, IM 151-1 Standard – 128 байт, IM 151-1 HF – 244 байта. Модуль IM 151-1 FO підключається до *оптичного каналу* й забезпечує введення-вивід 128 байт даних на телеграму.

2. Інтелектуальні інтерфейсні модулі IM 151-7 CPU, підтримують усі функції IM 151-1 і здатні виконувати попередню обробку даних на рівні станції. Обсяг даних на телеграму становить 244 байт. Модулі IM 151-7 оснащені вбудованим процесором, аналогічним по своїх характеристиках CPU 314. Спільне застосування модулів IM 151-7 CPU і 6ES7 138-4HA00-0AB0 дозволяє використовувати ET200S як ведений пристрій в одній мережі і як провідний пристрій в іншій мережі PROFIBUS DP. IM 151-7 F-CPU підтримує функції протиаварійного захисту й автоматики безпеки на рівні операційної системи.

3. Інтерфейсні модулі IM 151-3 PN використовуються для підключення ET200S до мережі PROFINET IO з обсягом передачі даних 128 байт на телеграму.

### ***Термінальні модулі***

Електронні й технологічні модулі встановлюються на термінальні модулі ТМ-Е. Модулі ТМ-Е монтуються на профільну шину DIN і містять вбудовані ділянки внутрішньої шини станції, вбудовані ділянки шини AUX1, гнізда для установки електронного або технологічного модуля, а також контакти для підключення зовнішніх ланцюгів електронного або технологічного модуля. Шина AUX1 може використовуватися як шина заземлення або як шина допоміжного ланцюга живлення напругою до 220 В.

Термінальні модулі ТМ-Е можуть збиратися в потенційні групи, які мають загальну шину живлення зовнішніх ланцюгів.

Кожна потенційна група починається термінальним модулем ТМ-Р, на якому встановлюється модуль контролю живлення РМ-Е. Модуль РМ-Е здійснює моніторинг напруги живлення зовнішніх ланцюгів (датчиків і виконавчих пристроїв) електронних і технологічних модулів відповідної потенційної групи. Кількість потенційних груп у межах однієї станції ET 200S не обмежується.

Кожна *силова* потенційна група починається силовим термінальним модулем ТМ-Р S27-01, на який встановлюється модуль контролю живлення силових ланцюгів РМ-Д.

Модуль РМ-Д складається з 6 клем – три клеми використовується для підключення до мережі живлення, а інші три для підключення навантаження.

Силові модулі (фідери навантаження) монтуються на термінальних модулях ТМ-D або ТМ-R.

### ***Силові модулі***

У станції ET200S використовуються силові модулі двох видів:

- фідери навантаження для 3-фазних ланцюгів змінного струму напругою до 400 В;
- перетворювачі частоти для керування роботою 3-фазних асинхронних двигунів.

Керування силовими модулями і їх діагностика виконуються через внутрішню шину станції ET200S. При необхідності силові модулі можуть доповнюватися модулями керування електромагнітним гальмом.

### ***Фідери навантаження***

Фідери навантаження ET200S – це готові пускові комбінації для комутації ланцюгів 3-фазного змінного струму з навантаженням до 7,5 кВт.

Кожний фідер може містити в собі:

- автоматичний вимикач;
- електромагнітний контактор (реверсивний або неревверсивний);
- пристрій плавного пуску.

Фідери типів F-DS1e-x (неревверсивний) і F-RS1e-x (реверсивний) оснащені вбудованими компонентами автоматики безпеки.

У силових модулях використовуються автоматичні вимикачі й контактори серії SIRIUS 3R. Кожний силовий модуль оснащений дискретними входами для підключення зовнішніх органів ручного керування, а також дискретними виходами для сигналізації про свій стан і виникаючих помилок.

Силові модулі для неревверсивного керування встановлюються на термінальні модулі ТМ-DS, а силові модулі для реверсивного керування – на термінальні модулі ТМ-RS. Живлення силових модулів здійснюється від внутрішніх шин термінальних модулів.

Термінальні модулі постачені силовою трифазною шиною, яка допускає струм навантаження 40 або 50 А.

На рисунку 3.14 показана схема з'єднання всіх компонентів фідера.

При необхідності використання 4-провідної мережі кожний термінальний модуль доповнюється модулем PE/N, що дозволяє формувати шину нейтрального проведення N і захисного заземлення PE.

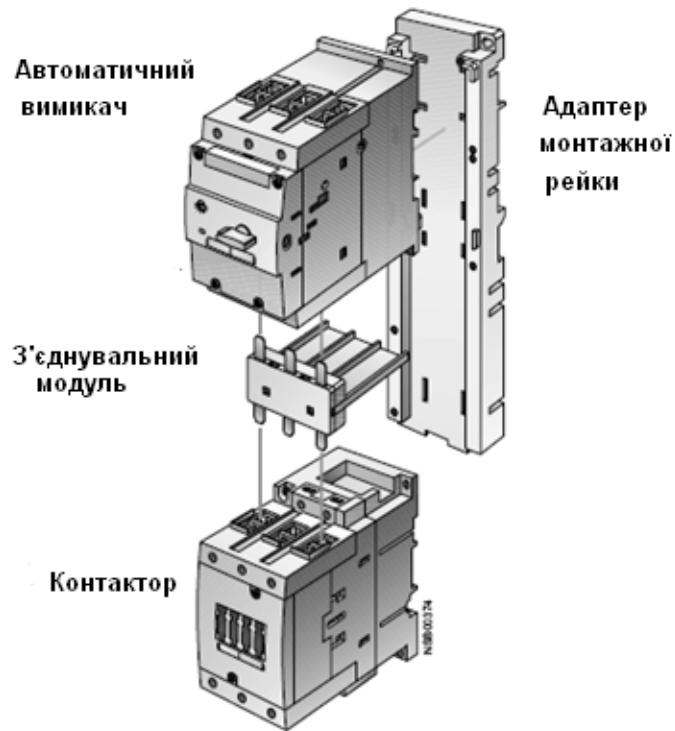


Рисунок 3.14 - Схема складання фідера

### ***Модулі перетворювачів частоти ET200S FC***

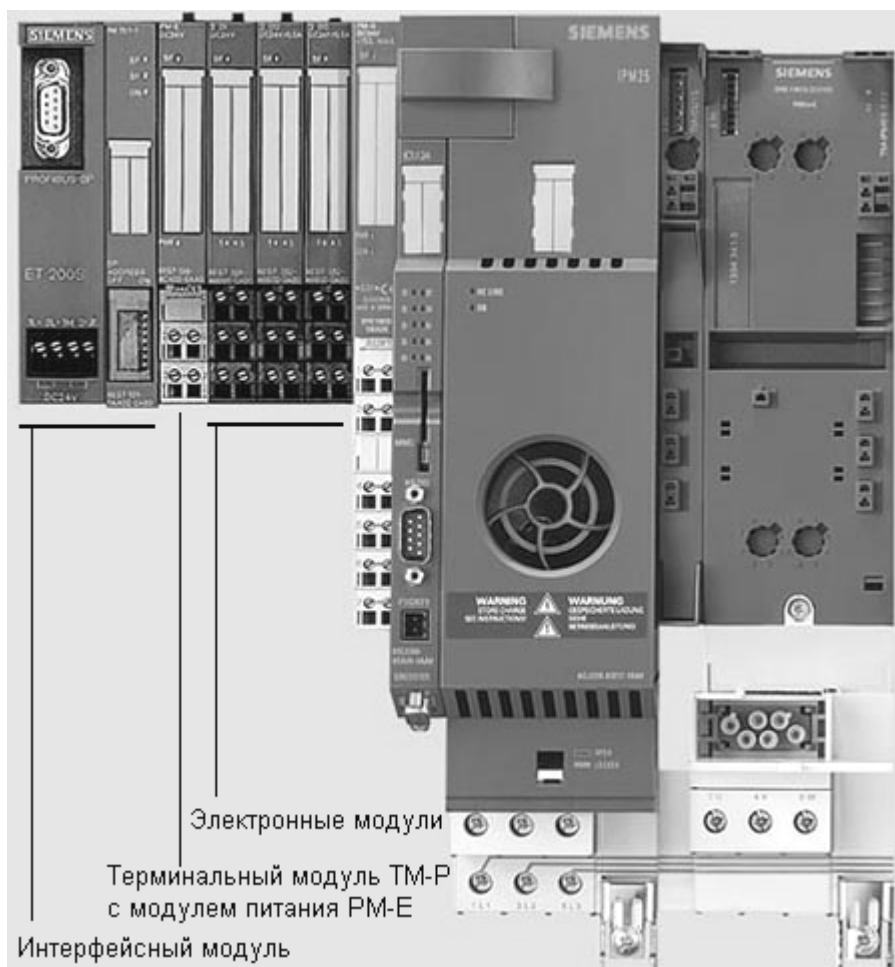
Модулі перетворювачів частоти ET200S FC складаються з наступних компонентів:

- Модуль керування ICU24.
- Силовий модуль IPM25.
- Термінальні модулі для установки й підключення модулів керування й силових модулів.

Силові модулі перетворювача частоти IPM25 здатні підтримувати лінійний або квадратичний закон регулювання  $U/f$ , а також векторне керування швидкістю зі зворотним зв'язком або без зворотного зв'язку. Керування перетворювачем виконує модуль ICU24. Якщо необхідна підтримка не тільки стандартних функцій керування приводом, але й функції автоматики безпеки й протиаварійного захисту, слід застосовувати модуль ICU24F. Силові модулі встановлюються на термінальні модулі 65 мм і 130 мм. Модулі керування встановлюються на термінальні модулі шириною 25 мм.

Параметри настроювання привода можуть задаватися з комп'ютера або за допомогою мікрокарти пам'яті. Частота перетворювача настроюється в діапазоні 2-16 кГц через 2 кГц. Значення, яке рекомендується – 8 кГц. Діапазон регулювання перетворювача 0-650 Гц.

На рисунку 3.15 наведений приклад конфігурації станції ET200S на два модулі перетворювачів частоти ET 200S FC.



*Рисунок 3.15 - Конфігурація станції ET 200S на два перетворювачі частоти ET200S FC (справа тільки термінальний модуль)*

Перетворювач встановлюється на термінальний блок, який застосовується для формування трифазної силової шини (L1/L2/L3) змінного струму. Зліва від перетворювача встановлений термінальний модуль ТМ-Р15S 27-01 з модулем контролю живлення РМ-Д, який контролює наявність живлення на силовій шині. Ліворуч від цього блоку встановлено три електронні модулі. Інтерфейсний блок завжди встановлюється в крайньому зліва слоті.

## ***Контрольні питання***

1. У якій послідовності проектує розподілена периферія?
2. Що являє собою проект із *простим і інтелектуальним* веденням DP?
3. Що являє собою проект із *двома майстер-системами* DP?
4. Для чого застосовується мережа PROFIBUS-DP?
5. Які засоби можна застосовувати для створення пристрою DP-MASTER?
6. Які засоби можна застосовувати для створення пристрою DP-SLAVE?
7. Які засоби можна застосовувати для створення інтелектуального веденого DP-пристрою (DP ISlave)?
8. За допомогою яких засобів можна створити мережу PROFIBUS-PA?
9. За допомогою яких засобів можна створити мережу AS-i?
10. Як підключаються датчики й виконавчі пристрої до AS-i?
11. Для розв'язку яких завдань призначені станції ET 200M?
12. По яким правилам встановлюються модулі в станцію ET 200M?
13. Як визначається баланс струмів втрат у станції ET 200M?
14. Які запізнювання слід урахувати при організації роботи зі станцією ET200M?
15. Для чого призначена й що може містити в собі станція ET 200S?
16. Для чого призначені і як встановлюються термінальні модулі ТМ?
17. Які силові модулі можна встановити в станцію ET 200S?
18. Для чого призначені фідери навантаження ET 200S?
19. Які функції реалізує модуль перетворювача частоти ET 200S FC?

## 4 ПРОЕКТУВАННЯ КОМУНІКАЦІЙ SIMATIC

### 4.1 Базові поняття про з'єднання

Для забезпечення керування великими промисловими установками, у яких використовується кілька систем ПЛК, повинні бути створені засоби комунікацій, за допомогою яких здійснюється обмін даними між цими системами.

*Логічний зв'язок двох партнерів, наприклад, двох станцій SIMATIC, для обміну даними (значеннями процесу) називається з'єднанням.*

З'єднання визначає наступні характеристики:

- партнерів, притягнутих в обмін даними;
- тип з'єднання;
- властивості з'єднань, наприклад, постійне або тимчасове, обсяг даних і ін.

При проектуванні з'єднань кожному *партнерові з'єднання* привласнюється унікальний локальний ідентифікатор ID. Цей локальний ID необхідний при параметризації комунікаційних блоків. Для кожного програмувального модуля складається окрема таблиця з'єднань.

STEP 7 автоматично привласнює локальний ID для кожної кінцевої точки з'єднання, якщо обидва партнера по обміну даними є станціями S7-300/400 або один з партнерів – S7-300/400, а другий – станція SIMATIC PC.

*Тип з'єднання* залежить від типу підмережі й протоколу передачі, за допомогою якого встановлюється з'єднання, а також від сімейства пристроїв автоматизації, якому належать партнери. Від типу з'єднання залежить те, які функціональні блоки (SFC, FB, FC) можна використовувати для створення з'єднання.

У системах автоматизації, реалізованих на апаратній базі SIMATIC, можливі наступні типи з'єднань:

- з'єднання S7, у тому числі відмовно стійке, яке підтримується комунікаційними блоками (функціями);
- з'єднання "точка-точка" (PtP);
- з'єднання FMS і FDL для зв'язку в мережі PROFIBUS;
- програмно-керовані зв'язки в мережі Industrial Ethernet (інтерфейс SEND-RECEIVE), які залежно від типу CP забезпечують транспортне з'єднання ISO, з'єднання ISO-on-TCP і з'єднання UDP.

Розглянемо особливості застосування наведених вище з'єднань.

*З'єднання S7* можуть використовуватися у всіх пристроях S7/M7 і у всіх типах підмереж (MPI, PROFIBUS, Industrial Ethernet). З'єднання забезпечує передачу даних обсягом до 64 Кбайт між станціями SIMATIC S7/M7-400 незалежно від витрат часу на обробку. З'єднання забезпечує квітування передачі даних комунікаційними партнерами на рівні 7 (рівень прикладних програм) еталонної моделі ISO.

*З'єднання S7 з резервуванням* застосовуються для CPU S7 (H) і станцій PC (H) у мережах PROFIBUS і Industrial Ethernet. Для резервування з'єднань створюється мінімум два шляхи.

*З'єднання "точка-точка"* використовується для зв'язку через локальний CP 441. Варто врахувати, що на CP 441 змінюється механізм адресації процедури передачі. Тому з'єднання "точка-точка" закінчується вже на комунікаційному процесорі, а не на комунікаційному партнері, як при інших з'єднаннях.

*З'єднання FMS* використовується в мережі PROFIBUS. Специфікація PROFIBUS-FMS (Fieldbus Message Specification – *специфікація повідомлень польової шини*) застосовується для передачі *структурованих даних* (змінних FMS). При цьому додаток вилученого комунікаційного партнера підтверджує прийом даних.

- *З'єднання FDL* застосовується **тільки в мережі PROFIBUS**. Специфікація зв'язку PROFIBUS-FDL (Fieldbus Data Link – *зв'язок за даними польової шини*) дозволяє передачу даних комунікаційному партнерові, наприклад, PC, що підтримує передачу й прийом відповідно до функції SDA (Send Data with Acknowledge – *передача даних з підтвердженням*). Прийом даних підтверджується службою FDL комунікаційного партнера шляхом квітування. З'єднання відповідає рівню 2 еталонні моделі ISO. Сервіси FDL реалізуються у вигляді функцій мовою C.

*Транспортне з'єднання ISO* відповідає транспортному протоколу ISO і використовується для передачі великих обсягів даних завдяки “упакуванню” даних. Прийом даних підтверджується квітуванням служби транспортування ISO комунікаційного партнера. Транспортне з'єднання ISO використовується тільки в мережі Industrial Ethernet.

*З'єднання ISO-on-TCP і з'єднання TCP* використовується тільки для Industrial Ethernet і відповідає стандарту TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Можливо також з'єднання із партнером PC, який підтримує відправлення й прийом даних у відповідності TCP/IP.

*З'єднання UDP (User Datagram Protocol – протокол дейтаграмм користувача)* застосовне для Industrial Ethernet (протокол TCP/IP) і надає можливість незахищеної передачі зв'язних блоків даних.

Підтримка всіх з'єднань здійснюється спеціальними програмними функціональними блоками (SFB).

## **4.2 Принципи створення комунікацій у мережах**

Комунікації забезпечують обмін даними між *програмувальними модулями*. Модулі можуть бути зв'язані мережею.

*Мережа – це апаратне з'єднання між вузлами зв'язку (комунікаційними вузлами).*

Мережа може містити в собі декілька підмереж, у кожній з яких комунікаційні вузли мають апаратні з'єднання, які володіють однаковими фізичними характеристиками й параметрами передачі. Крім того, обмін даними в підмережі відбувається відповідно до єдиної процедури передачі даних.

У системі SIMATIC застосовуються кілька типів під мереж – MPI, PROFIBUS, Ethernet і PtP.

Дані цих комунікаційних об'єктів наведені в таблиці 4.1.

### ***Організація комунікацій в MPI***

*Кожний CPU має MPI (multipoint interface) для багатоточкового підключення. Він дозволяє створити підмережі для обміну даними між CPU, PG (програмактором) та пристроями HMI (людино-машинний інтерфейс) відповідно до оригінального протоколу обміну Siemens.*

Лінії передачі MPI можуть мати два типи виконання – екранований кабель "кручена пара" або пластмасовий оптико-волоконний кабель. Довжина кабелю в шинному сегменті може досягати 50 м. При цьому у випадку застосування повторювачів RS-485 максимальна довжина може бути збільшена до 1100 м. При застосуванні модулів оптичного зв'язку довжина лінії зв'язку може перевищувати 100 км. Швидкість передачі даних по MPI зазвичай становить 187,5 кбіт/с, максимальне число вузлів становить 32 одиниці. Кожний вузол має доступ до шини й може посилати фрейми даних протягом певного відрізка часу. По закінченні цього проміжку часу право доступу до шини передається наступному вузлу (процедура доступу "token passing" - передача маркера або "токена").



Таблиця 4.1 - Відомості про комунікаційні об'єкти

Підмережа	Модуль	Реалізація зв'язку
MPI	Всі CPU	Для створення мереж з невеликою кількістю пристроїв SIMATIC з обміном малими кількостями даних, виклики системних функцій SFC
PROFIBUS	CPU із провідними DP-пристроями; IM467;	Підтримка інтерфейсу PROFIBUS-DP у системах розподіленого введення-виводу із провідними й веденими пристроями, виклики SFC
	CP 342-5; CP 443-5; (Extend);	Підтримка інтерфейсів PROFIBUS-DP, PROFIBUS-FDL і SEND/RESEIVE, зв'язок за допомогою SFB, виклики SFC
	CP 343-5; CP 443-5 (Basic).	Підтримка інтерфейсів PROFIBUS-FDL, PROFIBUS-FMS, SEND/RESEIVE, зв'язок за допомогою SFB, виклики SFC
Industrial Ethernet	CP- 343-1; CP 443-1.	Зв'язок між комп'ютерами й PLC для високошвидкісного обміну великими обсягами даних по протоколах TCP/IP, SEND/ RESEIVE-інтерфейс, зв'язок за допомогою SFB, виклики SFC
PtP	CP- 341/441	Послідовний зв'язок між двома комунікаційними партнерами по спеціальних протоколах

Обмін даними між CPU у мережі MPI може бути організований за допомогою одного з наступних типів зв'язку:

- зв'язок через глобальні дані відповідно до таблиці глобальних даних GD;
- зв'язок між станціями за допомогою системних функцій викликів SFC (System Function Call);
- зв'язок за допомогою викликів функціональних блоків SFB (System Function Block).

*Зв'язок через глобальні дані (Global data communications)* дозволяє здійснювати обмін **невеликими обсягами даних між декількома CPU** без додаткового ускладнення програми користувача. Передача даних може виконуватися циклічно або запускатися подіями. Зв'язок через глобальні дані як процедура носить характер "віщання" (поширення даних). Одержання

даних не підтверджується, але стан з'єднання підтверджується. Зв'язок через глобальні дані можливий тільки з MPI-шиною та K-шиною.

*SFC-комунікації* – це керовані подіями функції для обміну даними обсягом до 76 байт за передачу. Процес обміну ініціюється програмою користувача шляхом виклику певних SFC. Існує безліч SFC, у яких реалізуються різні процедури.

*SFB-комунікації* – це керовані подіями функції для обміну великими обсягами даних. Ці функції також запускаються викликом функціональних блоків SFB у програмі користувача.

### ***Організація комунікацій в PROFIBUS***

Залежно від використовуваного комунікаційного процесора (CP) PROFIBUS підтримує наступні типи зв'язку:

1. *S7 функції (S7 з'єднання)* – це простий і ефективний інтерфейс між S7-станціями та PG/PC за допомогою комунікаційних функціональних блоків. Комунікаційний процесор виконує тут функції “комунікаційного реле”, які підтримують зв'язок по PROFIBUS. Для конфігурування цього типу зв'язку досить указати вузлові адреси комунікаційних процесорів у мережі PROFIBUS. Функціональні блоки, які застосовуються для з'єднань S7, наведені в таблиці 4.2.

2. SEND/RECEIVE інтерфейс дозволяє встановлювати програмно-контрольований зв'язок по конфігурованому з'єднанню між двома PLC, а також між програматором і PLC.

3. FMS інтерфейс дозволяє здійснювати програмно-контрольовану нейтральну передачу структурованих даних через конфігуроване з'єднання від PLC до будь-яких пристроїв, які підтримують FMS протокол. Блоки, які можна використовувати в з'єднаннях FMS, наведені в таблиці 4.3.

4. PROFIBUS DP – це такий вид зв'язку, що дозволяє обслуговувати велику кількість аналогових і цифрових модулів введення/виводу в процесах з розподіленою конфігурацією.

### ***Створення комунікацій РТР***

Інтерфейс РТР для підключення "точка-точка" дозволяє створити підмережі для обміну даними по каналу послідовного зв'язку. З'єднання "point-to-point" легко конфігурується за допомогою SIMATIC Manager.

Інтерфейсні рознімання з'єднуються за допомогою кабеля. Для РТР використовуються RS 232C (V.24), 20mA (TTY) і RS 422/485.

У з'єднаннях РТР можна використовувати SFB BSEND, BRCV, GET, PUT і STATUS (табл. 4.1), а також SFB PRINT (передача даних на принтер).

Таблиця 4.2 - Функціональні блоки, застосовувані в з'єднанні S7

Символічне ім'я	Короткий опис
FR_USEND (USEND) FR_URCV (URCV)	Нескоординований обмін даними через передавальний і приймаючий SFB. Ці блоки створюють простий інтерфейс із блоками USEND і URCV.
FR_BSEND (BSEND) FR_BRCV (BRCV)	Обмін блоками даних змінної довжини. Ці блоки створюють простий інтерфейс із блоками BSEND і BRCV.
SEND_BO (BSEND) REC_BO (BRCV)	Обмін двійковими величинами (до 128) між передавальним і приймаючим SFB.
SEND_R (BSEND) REC_R (BRCV)	Обмін двійковими величинами (до 32) і дійсними величинами (до 32) між передавальним і приймаючим SFB.
GET	Читання даних з віддаленого пристрою
PUT	Запис даних у віддалений пристрій
START	Холодний пуск на віддаленому пристрої
STOP	Зупинка віддаленого пристрою
RESUME	Теплий пуск на віддаленому пристрої
STATUS	Перевірка стану віддаленого пристрою
USTATUS	Одержання повідомлення про стан віддаленого пристрою

Таблиця 4.3 - Блоки, які можна використовувати в з'єднаннях FMS

Функціональний блок (FB)	Короткий опис
READ	Читання змінної з віддаленого пристрою
WRITE	Запис змінної у віддалений пристрій
IDENTIFY	Ідентифікація віддаленого пристрою
ACCESS	Дозвіл координації доступу на запис і читання (блокування, деблокування)
OSTATUS	Передача інформації про стан віддаленого пристрою
REPORT	Повідомлення змінній на віддаленому пристрої

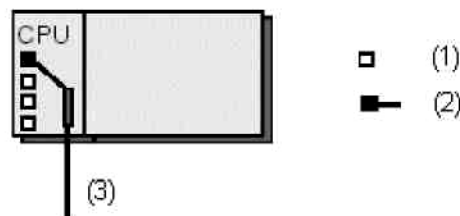
### 4.3 Ресурси з'єднань

Кожне з'єднання вимагає ресурс для своєї кінцевої точки й для точки переходу, наприклад, у комунікаційному процесорі CP. Реальне число доступних ресурсів з'єднань залежить від використовуваних CPU і CP.

Якщо всі ресурси з'єднань комунікаційного партнера зайняті, то нове з'єднання не може бути створено.

#### **Ресурси з'єднання S7**

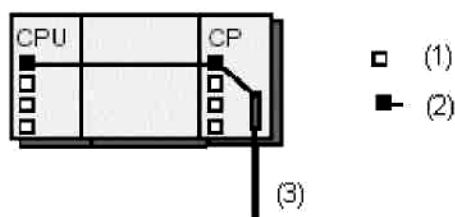
З'єднання S7, установлювані через убудований інтерфейс MPI або PROFIBUS DP, використовують *один ресурс* для кінцевої точки на CPU (рис. 4.1). Це стосується всіх CPU S7, M7-300/400 і C7-600.



(1) - доступні ресурси, (2) - використовувані ресурси, (3) - інтерфейс

Рисунок 4.1 - Схема ресурсів з'єднання S7 через інтерфейси MPI або PROFIBUS DP

Для кожного з'єднання S7, установлюваного через зовнішній інтерфейс комунікаційного процесора CP, використовується один ресурс для кінцевої точки на CPU і один ресурс для точки передачі на CP (рис. 4.2).

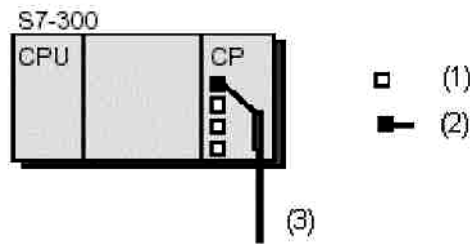


(1) - доступні ресурси, (2) - використовувані ресурси, (3) - інтерфейс

Рисунок 4.2 - Схема ресурсів з'єднання S7 через інтерфейси Industrial Ethernet і PROFIBUS із використанням CP

#### **Інтерфейс SEND/RECEIVE**

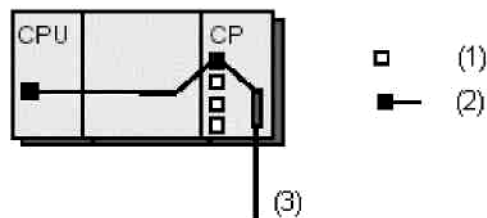
Комунікації через інтерфейс SEND-RECEIVE здійснюються тільки через CP. Кожне з'єднання (ISO-transport, ISO-on-TCP, UDP і TCP) вимагає одного ресурсу з'єднань на CP і одного ресурсу для кожної кінцевої точки (рис. 4.3). На CPU S7 ресурсів для з'єднань не потрібно.



(1) - доступні ресурси, (2) - використовувані ресурси, (3) - інтерфейс  
Рисунок 4.3 - Схема ресурсів з'єднання SEND-RECEIVE через Ethernet

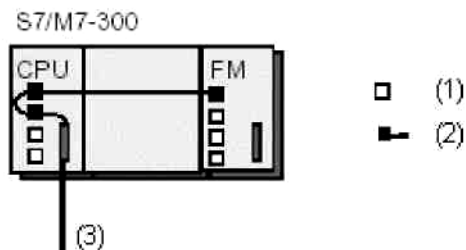
### Інтерфейс FMS

Зв'язок через інтерфейс FMS здійснюється тільки через CP. Кожне з'єднання FMS використовує один ресурс кінцевої точки на CP. У свою чергу, кожний CP використовує один комунікаційний ресурс на CPU для зв'язку з ним (рис. 4.4).



(1) - доступні ресурси, (2) - використовувані ресурси, (3) - інтерфейс  
Рисунок 4.4 - Схема ресурсів з'єднання FMS через інтерфейс PROFIBUS

З'єднання S7, установлені для модулів FM через убудований інтерфейс MPI або PROFIBUS DP, використовують два ресурси на CPU (для двох точок переходу) і один ресурс для кінцевої точки на FM (рис. 3.5).

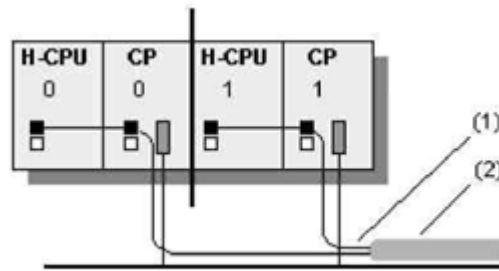


(1) - доступні ресурси, (2) - використовувані ресурси, (3) - інтерфейс  
Рисунок 4.5 - Схема ресурсів з'єднання S7 через інтерфейси MPI або PROFIBUS DP

### **Ресурси для відмовостійких з'єднань S7**

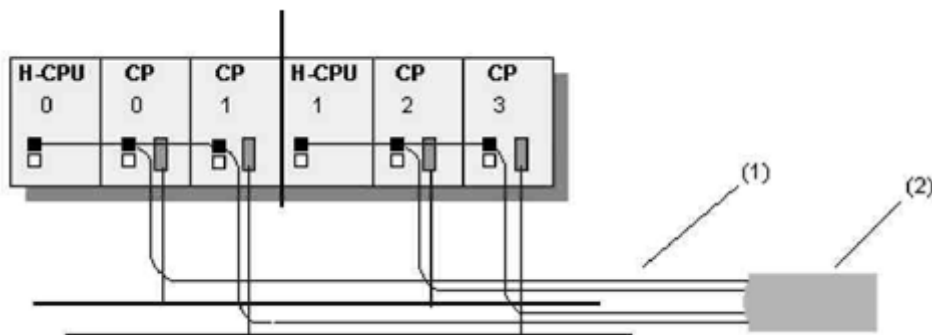
Для Н-систем є декілька можливих конфігурацій, які відрізняються числом використовуваних CPU-Н і числом CP-підмереж. Залежно від конфігурації можливі два або чотири окремі з'єднання для кожного відмовостійкого з'єднання S7. Ці з'єднання забезпечують зв'язок при відмові одного з компонентів. У резервованих Н-станціях CPU позначаються Н-CPU0, Н-CPU1 і т.д. Резервовані комунікаційні процесори CP також нумеруються послідовно – CP0, CP1, ....

На рисунку 4.6 наведений приклад резервування, у якому кожний із двох CPU має один призначений йому ресурс, і кожний використовуваний CP також має один ресурс. У цьому випадку можливі два часткових з'єднання. Якщо резервовані Н-станції з'єднані в підмережу, то можливі максимум чотири часткових з'єднання. Один ресурс з'єднання резервується для кожного Н-CPU, і один ресурс з'єднань резервується для кожного із чотирьох використовуваних CP (рис. 4.7).



(1) - часткове з'єднання; (2) - відмовостійке з'єднання

Рисунок 4.6 - Створення відмовостійкого з'єднання з резервованою станцією й резервованим CP



(1) - часткове з'єднання; (2) - відмовостійке з'єднання

Рисунок 4.7 - Максимальне резервування з'єднання

При такій схемі резервування можливі наступні варіанти часткових з'єднань:

1. Від H-CPU0/CP0 (локальна станція) до CP0/H-CPU0 (станція партнер).
2. Від H-CPU1/CP2 (локальна станція) до CP2/H-CPU1 (станція партнер).
3. Від H-CPU0/CP1 (локальна станція) до CP1/H-CPU0 (станція партнер).
4. Від H-CPU1/CP3 (локальна станція) до CP3/H-CPU1 (станція партнер).

### ***Контрольні питання***

1. Що визначає з'єднання в системі програмувальних контролерів?
2. Які типи з'єднань застосовуються в системах SIMATIC?
3. Що забезпечують з'єднання S7?
4. Які типи з'єднань підтримуються в мережі PROFIBUS?
5. Які типи з'єднань підтримуються в мережі Industrial Ethernet?
6. Що розуміється під *комунікаціями*?
7. Які засоби забезпечують комунікації?
8. Які типи зв'язку можна створити в мережі MPI?
9. Які типи зв'язку можна створити в мережі PROFIBUS?
10. Що розуміється під *ресурсом* з'єднання (комунікації)?
11. Які ресурси використовуються в з'єднанні S7?
12. Які ресурси необхідні для створення з'єднання S7 з функціональним модулем FM?
13. Що являє собою інтерфейс FMS і які ресурси необхідні для його реалізації?
14. Які засоби створюють комунікацію в інтерфейсі SEND-RECEIVE?
15. Які ресурси необхідні для створення відмовостійких з'єднань?

## 5 СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ SIMATIC ТА ЇХ ВИБІР

### 5.1 Особливості процесів регулювання

Регулятори призначені для керування характеристиками процесів – температури, тиску, потоку рідини, кількості, дозування, рівня, положення, позиції, швидкості, відстані й інших параметрів виробництва.

В основному розрізняють безперервні виробничі процеси й переривчасті, або подійно-дискретні процеси, які характеризуються поштучною видачею виробів. Керування дискретними й безперервними процесами різняться організацією роботи контуру зі зворотним зв'язком.

Контур зі зворотним зв'язком є головним робочим інструментом у системі автоматичного регулювання. Він складається з п'яти основних елементів:

- Контрольований процес.
- Датчик (або прилад), який вимірює стан процесу.
- Перетворювач (передавач), який перетворює результат виміру в електричний сигнал.
- Регулятор, що ухвалює розв'язок про допустимість стану процесу.
- Виконавчий пристрій, який передає коригувальний вплив на процес відповідно до команд регулятора.

Ця послідовність виміряти - прийняти розв'язок - пустити в хід повторюється доти, поки процес не досягне бажаного стану.

При керуванні безперервним процесом контур зворотного зв'язку прагне утримати змінну процесу (або керовану змінну) на заданому рівні, який називається уставкой. Для формування сигналу помилки регулятор віднімає самий останній результат виміру змінної процесу з уставки. Після цього величина й тривалість сигналу помилки визначають значення виходу регулятора або регульовану величину, яка далі встановлює коригувальні впливи, що прикладаються до виконавчого пристрою.

Для дискретного процесу змінна, що представляє інтерес, вимірюється тільки при настанні ініціюючої події, і послідовність виміряти - прийняти розв'язок - пустити в хід зазвичай виконується тільки один раз для кожної події. Насправді тут немає зв'язаного "контуру". Наприклад, очі водія визначають рівень зовнішньої освітленості на початку кожної поїздки. Якщо за вікном темно, водій вирішує вмикати світло. Ніякого наступного коректування не проводиться аж до наступної ініціюючої події.

Контури зворотного зв'язку для дискретних процесів зазвичай набагато простіше, чим для безперервних процесів, оскільки дискретні процеси не мають великої інерції. Інерція приводить до ускладнення конструкції безперервного контуру регулювання, оскільки безперервному регулятору необхідно виконати ряд дій до того, як його попередні зусилля стануть повністю очевидними. Він повинен передбачити сукупні результати його недавніх коригувальних впливів і відповідним чином планувати майбутні дії.



Якщо перед кожним наступним кроком очікувати закінчення попереднього, то це займе багато часу.

Універсальний пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) алгоритм керування може передбачити майбутнє, якщо він сконфігурований або настроєний так, щоб доповнювати поведінку процесу. Швидкодіючий ПІД-регулятор, який реалізує енергійні керуючі розв'язки, добре працює з повільними процесами й навпаки.

Майже кожне регулювання певної фізичної величини створює свої власні специфічні проблеми, які найчастіше визначаються застосовуваними виконавчими пристроями й сенсорами.

#### *Температура*

Температурне регулювання відноситься до повільних процесів. Воно в більшості випадків є несиметричним, тому що поведінка процесу при нагріванні й при охолодженні різна. Температурне регулювання має нелінійну характеристику, яка визначається застосовуваними виконавчими й сенсорними пристроями. Наслідком цього є повільне запровадження в дію через тривале нагрівання й охолодження, а також через вплив на процес термічного вирівнювання сусідніх виробничих ділянок з температурним регулюванням. Ці процеси утрудняють оптимізацію й налагодження регуляторів. Більшість термічних процесів у верстатобудуванні й у машинобудуванні обладнюються компактними апаратними або програмно реалізованими регуляторами.

Для виміру регульованих температур застосовуються резисторні термометри, термоелементи й пірометри (термометри на основі випромінювання).

#### *Тиск*

Регулювання тиску відноситься до швидкодіючих процесів. У регуляторах тиску розрізняють два методи виміру регульованої величини – тиску й різниці тисків.

Частіше застосовують статичні системи виміру тиску в рідких або газоподібних середовищах. Устаткування з регулюванням тиску в більшості випадків є чисто інерційною ланкою невисокого порядку й тому процес легко оптимізується. Критичним для регулятора тиску може бути вимога до швидкодії замикаючого механізму в системі підведення рідини або газу. Щоб відпрацювати ударні підвищення тиску, вимоги до динаміки регулятора і його виконавчих органів стають дуже високими.

Для виміру тиску використовуються індуктивні, п'єзоелектричні або ємнісні перетворювачі.

#### *Потік і кількість*

Регулювання потоку й кількості досить широко поширені в машинобудуванні. При регулюванні потоку рідини на практиці виникають проблеми з датчиками. Для виміру кількості вимірювальні сигнали, пропорційні потоку, слід інтегрувати.

Для виміру потоку або кількості знаходять застосування виміри діючого тиску, підрахунок переміщень, підрахунок потоку, вимір потоку

плаваючих часток, магнітоіндуктивні засоби виміру потоку, коріолісові вимірники потоку й ультразвукові засоби вимірювання. Сучасні вимірники потоку або кількості часто виконуються як самостійні переносні прилади із власним обчислювачем.

#### *Дозування*

Дозування – це відмірювання, видача або відділення певної кількості.

Технологія дозування часто пов'язана з рецептами. Вона може виконуватися переривчасто або безупинно. Завданням дозування є регулювання потоку матеріалу й цим воно дуже подібно з регулюванням тиску або кількості. При регулюванні дозування відбувається встановлений вплив шляхом добавки рідинного або твердого компонента до процесу завантаження або ж до безперервного процесу. Це завдання виконується дозуючими насосами, стрічковими конвеєрами, барабанными, вібраторними й шнековими дозаторами.

Для виміру регульованих кількостей використовуються згадані вище датчики тиску й кількості.

#### *Рівень*

Регулювання рівня здійснюється найчастіше для технологічних ємностей. На практиці внаслідок дії збурювань процесу можуть бути поставлені окремі високі вимоги, які можуть привести до зміни концепції регулювання.

Для виміру рівня й наповнення застосовуються поплавці, пристрої зсуву (плунжери), вимірники тиску, ємнісні й провідникові вимірники рівня, прилади виміру часу поширення й радіометричні, а також сигнальні датчики границі.

#### *Положення, позиція, швидкість і відстань*

Положення, позиція, швидкість і відстань є вже граничними випадками багатьох стандартних регулюючих приладів. Чисте регулювання положення в динамічній системі часто не може бути виконане через швидкісні обмеження. Виключенням є завдання повільного позиціонування, такі як компенсаційне регулювання, позиційне регулювання валків і т.д.

Розрізняють виміри положення, позиції, швидкості й відстані, усіх їх охоплюють кутовими кроковими датчиками, імпульсними датчиками й реверсивними лічильниками.

#### *Хімічні параметри*

Під регулюванням хімічних параметрів часто мається на увазі регулювання концентрації, як, наприклад, значення рН, кислотності й інших біохімічних вимірюваних величин, які можуть бути отримані тільки дуже витратними методами аналізу. Нерідко при таких біохімічних методах важливу роль відіграють термічні зв'язки, як, наприклад, температурне регулювання екзотермічної реакції або температурне регулювання в колоні. Ці регулювання ставляться в загальному випадку до завдань комплексного регулювання в області технології, тому що ці процеси дуже часто нелінійні, мінливі в часі, мають паузи й/або несиметричні.

Щоб виконати ідеальний проект для такого регулятора, необхідна дуже продуктивна обчислювальна система. Проектування й уведення в експлуатацію такої окремої системи може бути дуже дорогим. Із цих міркувань найчастіше застосовуються компактні регулятори (прилади) або програмні засоби на PLC.

Структури регуляторів у програмнім забезпеченні дозволяють створювати досить можливостей, щоб справлятися з накладками в керуванні. Програмні розв'язки нечіткої логіки (Fuzzy) пропонують користувачеві дуже гнучкий інструмент, яким він може обробляти контури керування, що перекриваються.

Як приклади техніки хімічного аналізу можуть бути названі: вимір значення pH, аналіз кислотності, вимір вологості, аналіз загазованості, сигналізатори газової небезпеки, вимір в'язкості, а також фотометрія, газохроматографія, мас-спектрографія і т.д.

## **5.2 Розподіл регуляторів по призначенню й виконанню**

Основна функція регулятора полягає в тому, що залежно від обмірюваної сенсором величини процесу він впливає по математично точному правилу на активний орган, змінюючи фізичну величину в бажаному напрямку.

Практично регулятори містять не тільки обчислювальне правило (алгоритм), але мають і ряд керуючих функцій для обслуговування, спостереження, забезпечення безпеки й можливостей перемикань у контурі керування.

Слову "регулятор" можна зіставити різні додаткові визначення, наприклад, температурний регулятор, регулятор процесу, PI-регулятор, двопозиційний регулятор, регулятор стану і т.д. У зв'язку із цим виходить безліч понять, по яких можна розділяти регулятори.

Нижче наведені деякі типи регуляторів, що розділяються по призначенню й конструкції.

### *Промислові регулятори*

Поняття "промисловий регулятор" часто застосовують для позначення окремого регулюючого приладу в машинобудуванні. Регулятори цього типу застосовуються для регулювання температури, тиску й рівня. Вони відрізняються надійними й погодженими пристроями сполучення із процесом (аналоговими або бінарними), мають власний мікропроцесор зі своєю панеллю керування й пристроєм підключення до керуючої системи. Промислові регулятори часто вбудовують у пульти керування або у дверцята шафи, тобто поблизу механізмів. Прикладом промислового регулятора є апаратний регулятор SIPART DR19 концерну SIEMENS, постачений функціями програмованого задатчика (рис. 5.1).



*Рисунок 5.1 – Регулятор SIPART DR19*

#### *Прилади регулювання процесу*

Прилади регулювання процесу виконуються подібно промисловим регуляторам з надійними, універсальними й розширюваними пристроями сполучення із процесом. Додатково ці прилади мають функції регулювання, які уможливають регулювання всіх основних процесів. Прилади регулювання процесу часто встановлюються в контрольно-вимірвальній системі й можуть мати досить розвинені зв'язки з підключеною системою керування процесом.

Прикладами приладів регулювання є апаратні регулятори SIPART DR22 і SIPART DR24 з функціями автоматичного визначення оптимальних параметрів керування. Зовнішній вигляд регулятора SIPART DR22 показано на рисунку 5.2.

#### *Універсальні регулятори*

Універсальний регулятор являє собою апаратний модуль, який встановлюється в слот системи SIMATIC S7 або на шину PROFIBUS.

У цьому регуляторі немає власної панелі керування (керування може відображатися на панелі оператора системи автоматизації). Універсальні регулятори мають власні функції оптимізації. Зв'язки із системою автоматизації виконуються по вбудованій комунікаційній шині або по PROFIBUS.

Прикладами універсальних регуляторів є функціональні (технологічні) модулі FM 355 і FM 455 (рис. 5.3).



*Рисунок 5.2 – Регулятор процесу SIPART DR22*



*Рисунок 5.3 – Модулі автоматичного регулювання FM 455 (ліворуч) і FM 355 (праворуч)*

### *Програмні регулятори*

У системі автоматизації SIMATIC є програмні регулятори PID Control і їх модифікації: Standard PID Control і Modular PID Control.

На відміну від апаратних регуляторів (промислових регуляторів, регуляторів процесів і універсальних регуляторів) програмні регулятори завжди прив'язані до процесора, і при відмові або зависанні процесора не можуть далі виконувати свої функції. З обліком цього в цей час усе частіше застосовуються змішані форми регуляторів – програмні регулюючі структури з підлеглими резервними апаратними регуляторами.

До продукції програмного регулювання можна віднести також інструментарій – спеціально створювані моделі для імітації реальних об'єктів, за допомогою яких здійснюється оптимізація й запровадження в дію регуляторів.

## **5.3 Розподіл по регульованих величинах**

Регулятори часто визначають по області їх застосування, тобто по регульованих величинах процесу. При цьому в основному маються на увазі регулятори температури, тиску, рівня й положення.

### *Регулятори температури*

Область застосування температурних регуляторів дуже широка. Через великі тимчасові затримки в об'єктах температурного регулювання до температурних регуляторів здебільшого пред'являються дуже незначні динамічні вимоги. Але існують і види температурного регулювання (наприклад, при виробництві й обробці синтетичних матеріалів), які ставлять настільки високі вимоги до структури вихідного сигналу регулятора, що при цьому необхідні спеціальні складні апаратні побудови.

Стандартні температурні об'єкти можуть у більшості випадків добре регулюватися РІ- або ПІД-регуляторами. Проблеми можна чекати тільки при введенні в експлуатацію через тривалий час устанавлення й несиметричної характеристики об'єкта.

### *Регулятори тиску*

Через малі тимчасові затримки в об'єктах (ділянках) регулювання тиску до таких регуляторів часто пред'являються високі динамічні вимоги. Нормальні об'єкти регулювання тиску можуть добре регулюватися за допомогою ПІД-регуляторів.

При запровадженні в дію регулювання тиску важливу роль відіграє згладжування перешкод, яке в більшості випадку виконується за допомогою відповідних структурних змін, наприклад, підключенням компенсатора перешкод, регулюванням каскадів і т.д. Спеціальним видом регулятора тиску є регулятор різниці тисків. Він відрізняється від регулятора тиску тільки видом реєстрації дійсного значення процесу.

### *Регулятори потоку*

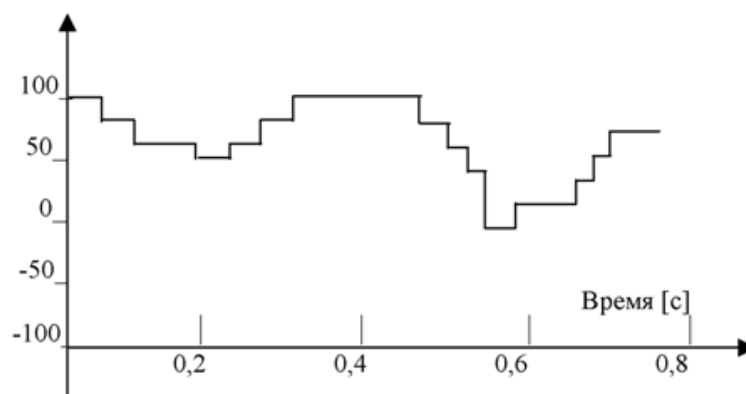
Регулятори потоку подібні регуляторам тиску. Але на практиці найчастіше виникає проблема точного виміру потоку. Динаміка контуру регулювання тиску частково залежить від того, у якій робочій області діє регулятор. Додатковий вплив на регулювання виявляють нелінійність виконавчих блоків (існує термін "рівнопроцентна характеристика") і епізодичні паузи.

### *Регулятори рівня*

Регулятор рівня, називаний також регулятором положення або висоти, регулює положення рівня рідини. У більшості випадків рівень добре регулюється П- або ПД-регуляторами.

## **5.4 Форми вхідних і вихідних сигналів у регуляторах PLC**

У практиці техніки регулювання *вхідними сигналами* (дійсними величинами, що задаються) є дискретизовані аналогові сигнали. Типовий сигнал показаний схематично на рисунку 5.5. При цьому тільки зрідка використовується негативна область. Найчастіше при регулюванні застосовується нормована область 0..100%.



*Рисунок 5.5 – Приклад вхідного дискретизованого сигналу*

Зустрічаються також імпульсні вхідні сигнали, наприклад, з лічильників. Вони застосовуються в системах із програмним керуванням і відіграють скоріше підлеглу роль. Такі сигнали можуть являти собою дійсні значення числа обертів водяних турбін при регулюванні кількості тепла в автоматичі будинків. На рисунку 5.6 показаний імпульсний вид кодованого бінарного сигналу.

Вихідні сигнали регуляторів залежать від принципу дії регулятора. Розрізняють регулятори безперервної дії й релейної дії.

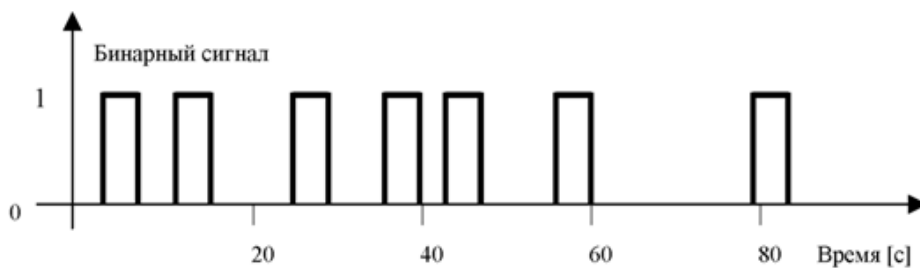


Рисунок 5.6 – Послідовний кодований сигнал з лічильника

### *Безперервний регулятор*

Для керування аналоговим виконавчим елементом (0...100%, 0...10 В, 0...20 мА) необхідний регулятор з безперервним вихідним сигналом. Ця вихідна функція представляє основну форму всіх вихідних функцій регулятора. Аналогове чисельне значення, обчислене по алгоритму регулювання, нормується у встановлений діапазон 0%...100%, іноді також -10%... +100% або -100%...+100%.

Регулятори SIMATIC працюють за принципом алгоритму положення. Границі виходу настановних значень можуть бути змінені користувачем за допомогою параметрів "Верхнє граничне значення" і "Нижнє граничне значення". Вихідний сигнал дискретизований, як показано на рисунку 5.5, але з урахуванням інерційності виконавчих пристроїв є практично аналоговим.

### *Релейний PID-регулятор*

Релейний PID-регулятор часто позначається як регулятор з імпульсно-модульованим або широтно-імпульсним аналоговим сигналом. Розрізняють релейний PID-регулятор із двопозиційною характеристикою (по термінології SIMATIC також імпульсний регулятор) і релейний PID-регулятор із трипозиційною характеристикою. Об'єкт регулювання, включаючи виконавчий елемент, визначає, який із цих регуляторів підходить для застосування. Релейний регулятор із двопозиційною характеристикою застосовується для об'єктів з неінтегральною поведінкою, а релейний регулятор із трипозиційною характеристикою – для виконавчих елементів з інтегральною поведінкою.

Не завжди можна легко й відразу визначити, чи є виконавчий елемент або характер процесу інтегруючими самі по собі. У ланцюзі фізичних перетворень (електричної енергії в обертовий рух, обертового руху в положення, положення в температуру і т.д.) може бути де-небудь захований інтегруючий ефект, і це визначить вибір структури виходу регулятора. При проектуванні регулятора слід з'ясувати, яку зі структур треба вибрати. Якщо принцип дії виконавчого елемента, включеного в контур, не визначений, технічну ясність можна одержати за допомогою імпульсного запуску об'єкта (подачі на вхід об'єкта одиничного стрибка й спостереження перехідної характеристики).



На рисунку 5.7 показано два випадки розвитку перехідного процесу.

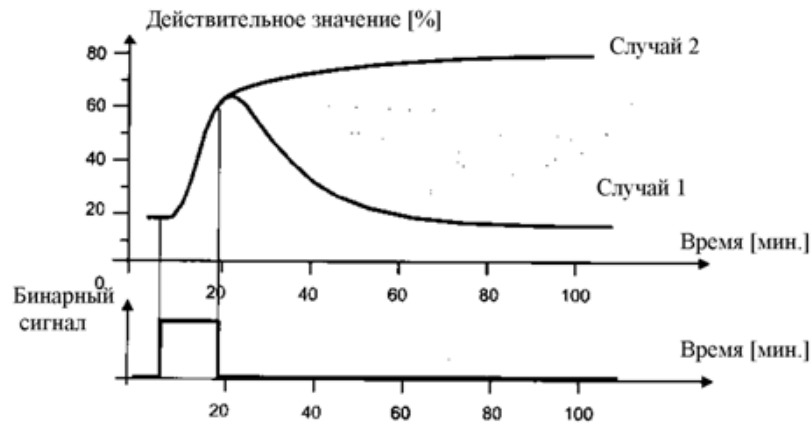


Рисунок 5.7 – Ілюстрація варіантів поведінки перехідного процесу

У випадку 1 після підйому температури в керованому стані й наступнім відключенні температура починає падати й наближається до температури приміщення. енергія, що втримується в системі, не зберігається. Таким чином, тут об'єкт керування не має інтегруючого характеру поведінки.

У випадку 2 система залишається при досягнутій температурі або ще небагато підвищує її (пристрій прогрівся). Наявна в системі енергія зберігається. Така поведінка буває при автоматично керованому вентилю, у якого шпиндель при зупинці мотора залишається в досягнутій при включенні позиції. Тут виконавча ланка має інтегруючу поведінку.

#### Релейний PID-регулятор із двопозиційною характеристикою

На рисунку 5.8 PID-регулятор з аналоговим виходом видає значення LMN на широтно-імпульсний модулятор. Той перетворює аналогове значення в бінарний сигнал, який підводиться до неінтегруючої виконавчої ланки.

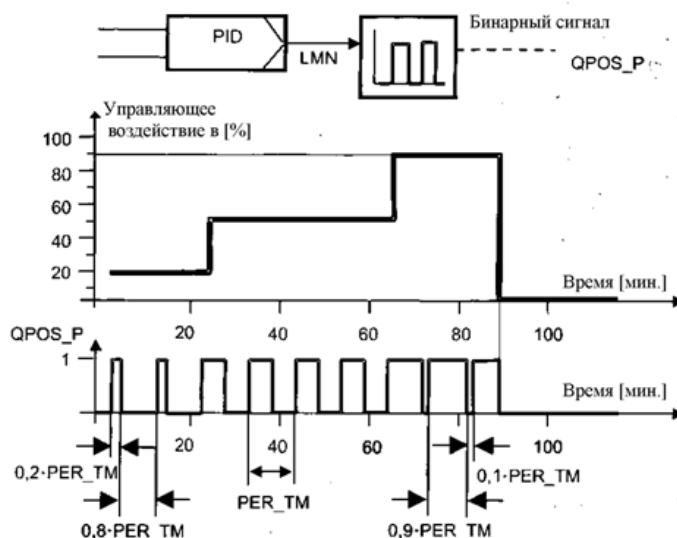


Рисунок 5.8 – Принцип формування бінарного сигналу на неінтегруючий об'єкт керування

У двопозиційному регуляторі застосовуються перемикаючі пристрої із двома різними станами (додати/зменшити, включити/виключити й т.п.). Сюди ставляться контактори, реле, тріодні тиристори, магнітні вентиля й електричні стрічкові нагрівачі.

При безперервним керуванні внаслідок такого характеру сигналів саме керування споживає багато енергії. При цьому широтно-імпульсний формувач ділить тимчасову вісь на рівні інтервали (періоди PERTM) і усередині цих інтервалів змінює час включення й вимикання. Чим коротше буде цей період, тим швидше буде перетворено нове аналогове значення в бінарне.

Переключення обмежують границі для точності перетворення, тому що фронти й спади імпульсів при необхідній точності 1% повинні перемикатися протягом 1/100 періоду. Це називають дозволом бінарного виходу.

Апаратні регулятори мають істотні переваги перед програмними варіантами, тому що вони можуть формувати цифровий вихід у декілька мілісекунд і менше, тоді як програмні варіанти прив'язані до сигнальних тактів і тому вимагають для формування імпульсів значну частину процесорних ресурсів.

#### *Релейні PID-регулятори із трипозиційною характеристикою*

Релейний регулятор із трипозиційною характеристикою управляє виконавчим органом з *інтегральною характеристикою*. На рисунку 5.9 показаний PID-регулятор із перемикальним сигнальним формувачем із двома виходами – "більше" (QLMNUP)" і "менше" (QLMNDN). Прикладами такої виконавчої ланки є моторні потенціометри, моторні вентиля, поворотні клапани і т.д.

Такий вид релейного регулятора застосовується у програмному забезпеченні для релейних регуляторів.

При цьому до статичного регулятора підключається програмний модуль, який обчислює й формує широтно-імпульсний сигнал залежно від управляючого сигналу (LMN) і видає бінарний сигнал на два канали управління. Сигнал зворотного зв'язку з виконавчої ланки LNMRIN підключається до цього блоку. Таким чином, широтно-імпульсний формувач (модулятор) працює як підлеглий контур регулювання *по положенню*, який одержує значення встановлюваної величини від PID-регулятора, порівнює його із сигналом положення процесу (зворотного зв'язку) й обчислює потрібну ширину імпульсів для каналів "вище/більше" і "нижче/менше".

Характеристика цього формувача сигналів така, що енергія для регулювання споживається тільки при зміні напрямку керуючого впливу. Чим швидше виконавча ланка буде відпрацьовувати вхідний сигнал, тим коротше будуть керуючі імпульси. Отже для обчислення впливу потрібно ураховувати час спрацьовування виконавчої ланки MTR\_TM (час переходу від відключеного стану до повного включення).

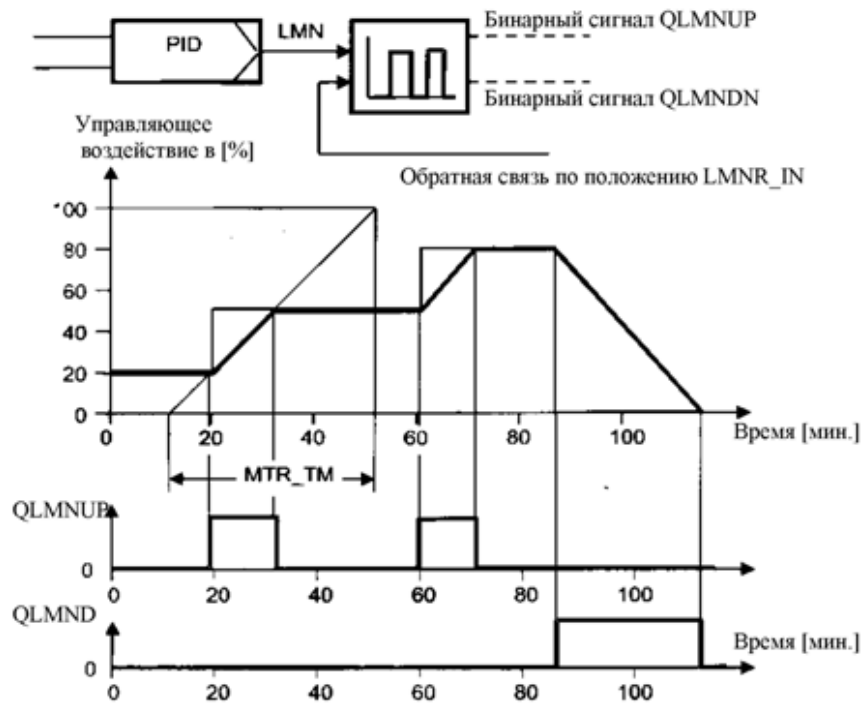


Рисунок 5.9 – Принцип формування вихідного сигналу в PID-регуляторі із трипозиційною характеристикою

На рисунку 5.9 час  $MTR\_TM$  становить 40 с при можливому переході від 0% до 100%.

## 5.5 Огляд і вибір регуляторів SIMATIC

Для розв'язку завдань регулювання в пакет STEP 7 вбудовані ряд програмних продуктів:

- **PID Control** – складова частина програмного пакета STEP 7, а також додатка CFC для розв'язку простих завдань регулювання.

- **PID Temperature Control** – спеціальне програмне забезпечення для температурного регулювання в пакеті STEP 7 (починаючи з V5.1 SP3).

- **Опціональний пакет Standard PID Control (FB)** – дозволяє інтегрувати в користувацькі додатки готові структури регуляторів (безперервні PID-регулятори, імпульсні й крокові регулятори), призначені для розв'язку завдань регулювання малої й середньої складності: регулювання температури, тиску, потоку й рівня.

- **Опціональний пакет Modular PID Control (FB)** — використовується для створення додатків середнього й вищого класу потужності в області технологічного керування, а також тоді, коли потрібно мінімізувати обсяг пам'яті й час виконання обчислень. Він знаходить застосування в тих випадках, коли розв'язок завдання автоматизації на базі звичайного PID-регулятора неможливий. Шляхом каскадного включення

стандартних функціональних блоків можлива реалізація практично будь-якої структури регулятора.

- **Опціональний пакет Fuzzy Control (FB)** – застосовується для розв'язку завдань автоматизації з нечітким описом для параметричної адаптації PID-регуляторів.

Найбільше застосовуваний програмний пакет **Standard PID Control** містить у собі засоби параметрування й стандартні функціональні блоки. Разом із програмним пакетом поставляються також готові користувацькі приклади (шаблони) регуляторів:

- регулятор автоматичної стабілізації параметра із цифровим виходом для інтегруючих виконавчих механізмів;
- регулятор автоматичної стабілізації параметра з аналоговим виходом для пропорційних виконавчих механізмів;
- багатоконтурний регулятор співвідношення;
- змішаний регулятор;
- каскадний регулятор.

Інструментальні засоби параметрування дозволяють швидко настроїти регулятор і, таким чином, знижують витрати на інжинірингові роботи. Новий алгоритм крокового регулятора дає можливість суттєво збільшити термін служби виконавчих механізмів.

Пакет параметрування надає користувачам наступні можливості:

- За допомогою наочної мнемосхеми можливо швидко параметрування регулятора, при цьому програмні перемикачі дозволяють включати або відключати окремі функції.

- Зображення контуру регулювання й кривих зміни окремих параметрів дозволяє здійснювати керування регулятором у процесі його тестування. Графобудівник може одночасно відображати до чотирьох кривих сигналів. Ці можливості особливо важливі для діагностики й локалізації помилок у процесі регулювання, а також для оцінки якості роботи регулятора.

- Автоматична підтримка при оптимізації контурів регулювання: програма Assistent видає користувачеві підказки в ході оптимізації регулятора й дозволяє здійснювати швидке введення системи в експлуатацію навіть тим користувачам, які не мають спеціальних знань в області регулювання.

- Настроювання різних параметрів перехідних процесів: параметри перехідного процесу регулятора можуть бути обрані таким чином, що включення регулятора буде здійснюватися з 10%-ним перерегулюванням, що дасть істотний вигреш у динаміці. Якщо це не бажано, може бути обраний аперіодичний тип перехідного процесу (без перерегулювання).

- Система інтерактивних підказок: у будь-якій місці програми за бажанням користувача може одержати додаткові вікна допомоги.

У бібліотеці STEP 7 є розділ PID Control Blocks, що містить ряд функціональних блоків: FB41, FB42, FB43, FB58 і FB59 (див. рис. 5.10).

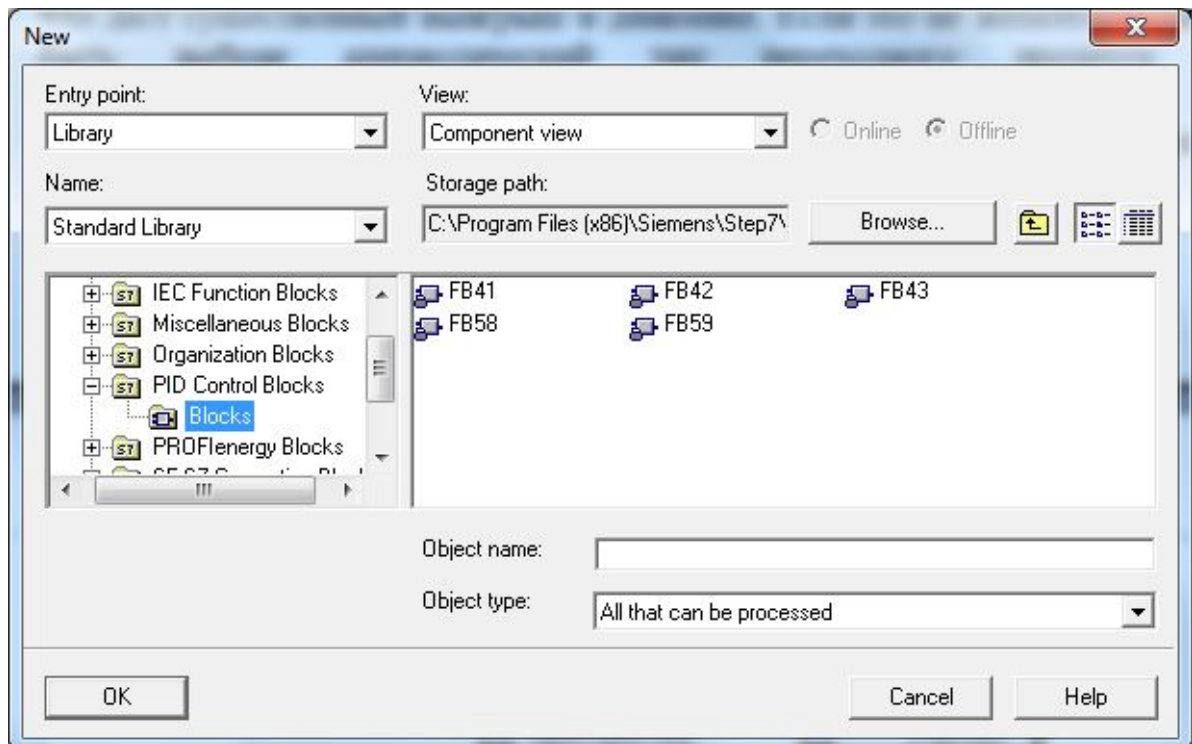


Рисунок 5.10 – Відображення функціональних блоків у бібліотеці регуляторів програми STEP 7

Стандартні функціональні блоки містять жорстко задані алгоритми регулювання з фіксованою структурою даних:

- **PID\_C** - Регулятор з аналоговим керуючим сигналом;
- **PID\_S** - Регулятор з дискретним керуючим сигналом;
- **PULSGEN** - Формувач імпульсів;
- **LP\_SCHED** - Розподільник викликів регуляторів.

За допомогою програмних перемикачів можуть бути підключені або відключені наступні функції:

- Обробка уставок за допомогою генератора уставок, часовий програмний датчик, нормування, виклик FC, обмеження росту значень уставок і установка граничних значень уставок.
- Обробка фактичних значень шляхом нормування, згладжування, обчислення середньоквадратичного значення, виклику FC, контролю граничних значень і контролю динаміки росту фактичного значення.
- Обробка значень неузгодженості регулювання з урахуванням зони нечутливості й контролю граничних значень

Крім програмних засобів регулювання широко застосовуються й апаратні засоби. У системах автоматизації SIMATIC застосовуються наступні функціональні блоки PID-регуляторів:

- FM 355 C, FM 355 S – набір з підготовленими структурами

регулювання й можливістю резервування;

- FM 355-2 C, FM 355-2 S – набір регуляторів з пакетом проектування, спеціалізований на регулюванні температури;
- FM 455 C, FM 455 – регулятори для станцій SIMATIC S7-400.

Проблема проектувальника, який регулятор він повинен застосувати у своєму розроблювальному проекті, на жаль, не завжди вільна від обмежень. Бюджет, пропозиції машинобудування й побажання споживача нерідко випереджають "кращий технічний розв'язок". Далі не будемо враховувати такі обмеження й будемо виходити з ідеально вільних можливостей вибору.

Вирішальними критеріями для вибору є:

- вимоги процесу (необхідна структура регулювання, динаміка впливів, інших величин процесу),
- техніка підключення (шина PROFIBUS або аналогові з'єднання),
- вимоги загальної конструкції й динаміки процесу,
- вимоги застосованих виконавчих пристроїв і сенсорів,
- вимоги до якості регулювання,
- вимоги по надійності (наприклад, стратегія резервування),
- вимоги до обслуговування, спостереження й збереженню даних (вірогідності),
- вимоги до гнучкості й додатковим змінам під час експлуатації установки.

Виконати одночасно всі ці вимоги під час проектування в більшості випадків не вдається, тому що необхідна інформація від користувача ще не перевірена досвідом.

Для вибору апаратного або програмного виконання регулятора потрібно керуватися наступним:

- апаратне виконання регулятора застосовується при необхідності резервування регуляторів, двопозиційній характеристиці регулятора, неінтегруючій виконавчій ланці, при великій кількості каналів регулювання (більше 3) і при великим завантаженні процесора;
- програмне виконання регулятора можна застосувати при невеликим числі каналів регулювання (менш 3-х) і при невеликим завантаженні процесора.

Коли будуть з'ясовані елементарні питання "дерева розв'язків" для остаточного вибору можна використовувати аналіз вартості варіантів.

## **5.6 Забезпечення якості регулювання**

Для забезпечення якості регулювання спочатку треба визначити скільки потрібно регуляторів і чи вимагається управляти швидкими

процесами. Це треба для оцінки потреби пам'яті в процесорі. Таблиця 5.1 показує параметри елементів і час виконання їх деяких вибірковоїх функцій для двох типів контролерів.

Таблиця 5.1

Продукт	Елемент	Пам'ять блоку FB	Пам'ять блоку DB	Час обробки в S7-300 мс	Час обробки в S7-400 мс
PID Control	FB41 "CONT_C"	1,5	0,4	3,3	0,02
	FB42 "CONT_S"	1,9	0,3	2,8	0,02
	FB43 "PULSEGEN"	1,1	0,2	1,5	0,005
Standard PID Control	FB1 "PID_CP"	7,5	0,5	3,8	0,16
	FB2 "PID_ES"	7,5	0,5	4,3	0,18
	FC2 "LP_SCHED"	1,0	0,2	0,3	0,02
Modular PID Control	FB13 "LMNGEN_C"	1,6	0,3	0,4	0,02
	FB14 "LMNGEN_S"	2,6	0,4	1,4	0,06
	FB19 „PID“	1,6	0,3	1,4	0,06
	FB20 "PULSEGEN"	1,1	0,2	0,2	0,01
	FB25 "SP_GEN"	0,7	0,5	0,3	0,02
	FC1 "LP_SCHED"	1,1	0,2	0,3	0,03
FM 355/455	FB „PID_FM“	1,6	0,1	0,7	0,08
	FB „FUZ“	0,3		2,1	1,9

Для визначення інтервалу зчитування  $T_c$  необхідна оцінка домінуючих постійних часу кожного окремого регулюючого контуру. Швидкість установки виконавчої ланки повинна бути в 5-10 разів менше, чим домінуюча постійна часу  $T_E$ .

Дуже важливе значення має вигляд застосовуваної виконавчої ланки. Якщо проектувальник на основі фізичних вимог змушений застосувати *неінтегруючу* виконавчу ланку, то інтервал зчитування імпульсного виходу стає малим і на його обслуговування повинна бути спрямована значна частина ресурсів процесора.

Слід урахувати, що хоча програмне регулювання дає можливість формувати широтно-імпульсні впливи на виконавчі пристрої, діапазон таких можливостей невеликий і визначається тимчасовими характеристиками процесів.

#### Приклад

Металева ємність повинна дуже швидко нагріватися електричним перетворювачем із застосуванням тиристорного ключа. Аналіз показує, що в аналогічних системах домінуюча постійна часу ділянки становить 8 с. Тоді

регулятор можна опитувати із циклом 800 мс, що для сьогоднішніх процесорів не становить проблеми при нормальній завантаженості.

Із цього також випливає, що тривалість періоду PER\_TM (рис. 5.11) імпульсного виходу повинна підтримуватися на рівні 800 мс. Для того, щоб витримати точність регулювання на виході в межах 1%, тривалість імпульсу керуючого сигналу повинна змінюватися кроками по 1/100 від PER\_TM. Це означає, що фронти і спади імпульсного виходу повинні бути в межах 8 мс.

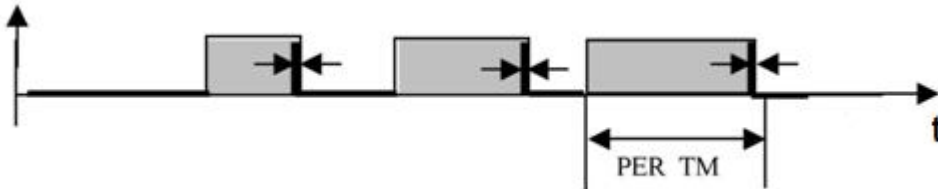


Рисунок 5.11 – Зв'язок точності регулювання зі швидкодією процесора

Однак забезпечити таку точність за допомогою програмних регуляторів буде складно. У проблемному випадку застосування функціонального модуля буде неминуче.

Таким чином, при регулюванні з невисокими динамічними вимогами при великій кількості контурів регулювання (> 8 в SIMATRIC S7-300 і >16 в SIMATIC S7-400) переважніше програмні розв'язки. Там же, де виконавча ланка й тимчасова характеристики ділянки регулювання ще не ясні, де виставлені високі вимоги до динаміки, надійності, якості регулювання й/або точності, переважніше функціональні модулі. Якщо проектувальник має можливість впливати на вибір виконавчої ланки, то з погляду техніки регулювання завжди слід схилитися до аналогово-керованих інтелектуальних виконавчих ланок, тому що їхнім простіше вводити в експлуатацію.

#### *Якість регулювання*

Якість регулювання визначається, головним чином, точністю регулювання. Точність регулювання є захід для суми всіх регулюючих різниць після зміни номінального значення або збурюючого впливу. На рисунку 5.13 показано дві різні реакції процесу на один і той же стрибок номінального значення при різних налаштуваннях регулятора.

"Агресивне" налаштування регулятора (коливальний процес) дає відхилення, зафарбовані сірим кольором, "обережне" налаштування (аперіодичний процес) дає відхилення, які на рисунку заштриховані. Чим більше сума площ між номінальним і дійсним значеннями, тим гірше якість регулювання. На рисунку 5.13 в обох випадках площі приблизно рівні, тому обидві налаштування однаково гарні або однаково погані. На практиці, однак, обережне налаштування застосовується частіше, чим агресивне, заради щадного режиму роботи



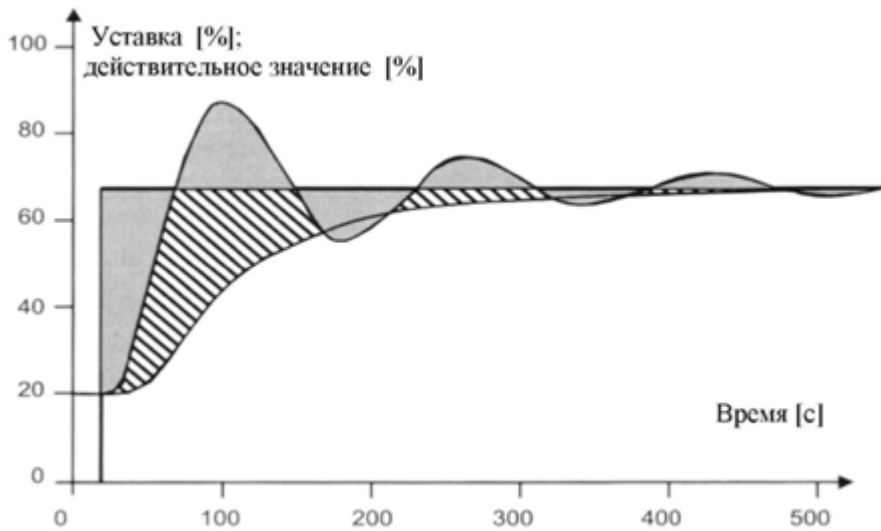


Рисунок 5.12 – Оцінка якості регулювання для двох настроювань

### Оцінка точності регулювання

Для вибору варіанту регулювання треба спочатку одержати технічно осмислену ясність вимог до бажаної точності регулювання. Кожне питання до споживача, наскільки точно він прагне регулювати, при температурнім регулюванні одержує стереотипну відповідь із завданням  $\pm 0.1^\circ$ . При реальній області значень до  $400^\circ$  сама вимога  $\pm 0.1^\circ$  означає статичну точність 0,25%, яка включає всі помилки загального ланцюга (сенсора, вимірювального перетворення, зчитування аналогового значення, регулятора, формування вихідного сигналу, перетворення номінального значення, виконавчої ланки).

Оскільки сьогодні кожний застосований цифровий термометр на індикаторі має одну цифрову позицію після коми, то з погляду споживача така вимога зрозуміла. Але встає питання, чи точно відповідає таке показання дійсному значенню й наскільки повторюємим є такий результат. Якщо вимога споживача до точності регулювання всього контуру незмінна, то йому треба дати ясно зрозуміти, що він повинен бути готовим до значних інвестиційних витрат.

Усі ланки в ланцюзі регулюючого контуру повинні мати близькі класи точності. Кожний АЦП при 12-розрядному дозволі й області виміру  $420^\circ$  дає помилку оцифровки вже  $0,1^\circ\text{C}$ , причому не можна зневажати помилкою від власного нагрівання датчика РТ100 через струм, що протікає (близько 1 мА) і помилки виміру струму й напруги (помилки виміру температури й опору).

Ще гірше виглядає справа із використанням термоелементів, які застосовуються для компенсації в порівнюючому пристрої за допомогою РТ100. Там ланцюг помилок ще довше й у найгіршому разі може привести до дуже значних погрешностей.

Помилки й допуски в SIMATIC ставляться до всієї області вимірів, якщо інше не зазначене в технічних даних. Що означають названі вище вимоги для виконавчої ланки повинно бути ясно. Зношеність і погрешність

лінеаризації повинні бути близькі до нуля, швидкість виконання повинна майже без затримки іти за аналоговим сигналом регулятора, механіка й конструкція виконавчого органа повинні працювати без проявів зношування. Ці вимоги в регуляторі повністю ставляться тільки до пропорційної виконавчої ланки. Дорогі релейні виконавчі ланки при настільки високих вимогах свідомо виключаються.

Слід також урахувати, що якість регулювання суттєво залежить від місця установки виконавчого органа й сенсора. Основним правилом є те, що й датчик, і виконавча ланка повинні бути розташовані якнайближче до місця їх фізичного функціонування, щоб уникнути дії перехідних процесів на проміжку від виконавчої ланки й сенсора до точки контролю.

#### *Вимоги надійності*

При проектуванні регуляторів повинні враховуватися ймовірні відмови, працездатність і надійність. При цьому може виявитися необхідним резервування регулювання. Якщо не трапиться відмова, то працює провідний програмний регулятор і він обмінюється значеннями процесу з підлеглим "резервним регулятором", який у такому режимі працює як прилад, децентралізований по входу й виходу.

При відмові процесора або комунікації підлеглий регулятор перехоплює контроль над процесом і регулює систему далі або принаймні тримає її в надійному робочому стані. При цьому розрізняють способи роботи SPC (Set Point Control) і DDC (Direct Digital Control).

#### *Комплексність і гнучкість*

Якщо при проектуванні регулювання споживачем ставляться вимоги відносно гнучкості й додаткової змінюваності регулювання під час експлуатації, то слід віддати перевагу модульній побудові, наприклад, Modular PID Control у комбінації з CFC. Якщо ж споживач віддає перевагу простим, наочним й надійним схемам регулювання, то слід вибирати стандартний варіант.

#### *Автонастройщик PID Self-Tuner*

За допомогою додаткових функціональних елементів керування (TUN\_ES для релейних регуляторів і TUN\_EC для безперервних регуляторів) можна перетворити PID-регулятор у самонастроювальний регулятор. При цьому PID-регулятори настроюються в режимі online (у реальному часі). Автонастройщик PID Self-Tuner пристосований до регулювання температури, але може застосовуватися й для регулювання тиску, потоку й рівня.

Основною умовою використання автонастроювання є асимптотична перехідна характеристика і відсутність запізнювань.

#### *Температурний PID Control в STEP 7*

Типовий температурний регулятор, вперше зібраний в одному корпусі включає: PID-регулятор із зоною регулювання, настроювач у реальному часі й формувач імпульсів FB58 «TCONT\_CP». Завдяки цьому елементу різко

скорочується обсяг з'єднань і кількість інтерфейсних параметрів для програми.

#### *Переваги програмних регуляторів:*

- програмні регулятори можуть багаторазово завантажуватися в процесор без додаткових витрат,
  - при використанні програмних регуляторів не потрібні витрати на підключення до блоків регулювання,
  - економічні вигоди при наявності аналогової периферії й при великій кількості контурів регулювання,
  - обслуговування застосовуваних програм можна просто вбудувати в модульні структури програмного забезпечення;
  - спеціальні функції (наприклад, характеристика загасання, різні тимчасові діаграми і т.д.) просто інтегруються в програмні розв'язки.
- Модульно побудоване регулювання дає максимум гнучкості.

#### *Переваги функціональних апаратів регулювання*

- Функціональні модулі розраховані на високі вимоги по динаміки, якості регулювання й функціям безпеки.
- Завдяки здатності до діагностики функціональні модулі можуть швидше реагувати на критичні події в процесорі.
- Обробка аналогових значень погоджена з потребами регулювання (наприклад, порушення вимірювального перетворювача може бути додане регулятору встановленим у систему безпеки, так що не зажадає спеціальної програми користувача в процесорі).
- Зміни при введенні в експлуатацію дуже прості. Додаткові функції параметруються установкою відповідних бітів.
- Функціональні модулі SIPART, FM355/455 мають властивість резервування.

У функціональних модулях частково закладені складні функції, які не реалізовані в процесорах через обмеження обсягу (наприклад, адаптивний фільтр, обчислювач корекції і т.д.).

#### *Висновки*

Що стосується вартості, то для обох варіантів є комбінації (кількість регуляторів, тип датчика, тип виконавчого пристрою й вимоги по швидкості), які дають економічні переваги тому або іншому варіанту. Якщо ж можна сказати, що при всіх застосуваннях обидва варіанта можуть здатися однаково дорогими, то все-таки варто прорахувати, який з обох типів регулятора слід прийняти до виконання з урахуванням їх технічних вимог.

## 6 ОБЛІК ВПЛИВІВ ВИКОНАВЧИХ ПРИСТРОЇВ І СЕНСОРІВ

### 6.1 Вплив виконавчих органів на регулювання

На якість регулювання впливають характеристики виконавчого органа, а регулятор завантажений, головним чином, тим, що "виправляє" вплив виконавчої ланки.

З міркувань техніки регулювання щодо виконавчих ланок ураховується два аспекти.

Перший визначається видом дії привода виконавчого органа. Розрізняють електромеханічні приводи (виконавчі пристрої), гідравлічні й пневматичні приводи, а також інші типи приводів.

Другий аспект визначається способом впливу на регульоване середовище. Тут розрізняють безперервний і імпульсний вплив, пропорційні й інтегруючі характеристики впливу і т.д.

#### *Аналогові виконавчі ланки*

Аналогові виконавчі ланки з погляду техніки регулювання діляться на пропорційні й інтегральні виконавчі ланки. Пропорційні виконавчі ланки є ланками з аналоговим керуванням від стандартних сигналів техніки регулювання 0...10 В, 0...20 мА, 4...20 мА. При цьому для регулятора не має ніякого значення, чи є керуючий сигнал електричним або він перетворений в енергію привода за допомогою аналогового електропневматичного регулятора положення.

Поняття "пропорційний" ставиться до перетворення керуючого сигналу в механічну величину (наприклад, у положення). Так, наприклад, пропорційний виконавчий привод для шарового кранового вентиля при подачі сигналу керування на 20% дає кут відкриття теж 20%.

У якості прикладів пропорційних виконавчих ланок можна назвати:

- гідророзподільник пропорційного типу РП,
- трьохфланцева камера й пневматичний привод,
- трьохшаровий блок з електромеханічним виконавчим приводом,
- електрично керований шаровий регулюючий кран з підпружиненим поворотним приводом однократної або подвійної дії й ковзний ventиль.

При проектуванні контуру керування слід звернути увагу на постійну часу установки цих виконавчих ланок (час переходу з повністю закритого стану в повністю відкритий). Динаміка регулюючого контуру сильно залежить від швидкості роботи виконавчого регулятора або часу спрацьовування виконавчого встаткування.

Панельні прилади (також і інтелектуальні прилади) є здебільшого пропорційними й лінеаризованими виконавчими ланками. Вони оснащені власним (підлеглим) регулятором установки, елементами обслуговування й панелями програмування або параметрування.

Застосування таких виконавчих ланок часто компенсується низькими витратами на запровадження в дію й сервіс. Як приклад таких виконавчих ланок можна назвати: перетворювачі частоти SIMOVERT, SIPART, SIPOS, SITRANS і т.д., а також цифрові електропневматичні регулятори положення.

#### *Бінарні (перемикаючі) виконавчі ланки*

Бінарні перемикаючі виконавчі ланки з погляду техніки регулювання діляться на механічно перемикаючі (двопозиційні) виконавчі ланки, електронні перемикаючі (двопозиційні) виконавчі ланки й інтегруючі (трипозиційні) виконавчі ланки зі зворотним зв'язком по положенню або без нього.

Механічно перемикаючі (двопозиційні) виконавчі ланки - це релейні елементи, які розрізняють тільки два входні стани: "0" і "1" (вкл./викл., нагору/униз). Ці елементи самі не інтегрують, тобто одного разу підведена енергія не залишається збереженою, коли керуючий сигнал знімається. Однак такий релейний елемент може бути включений у ланцюг виконавчих елементів, з яких один має інтегруючу характеристику.

У випадку застосування релейного елемента в регуляторі з бінарним аналоговим сигналом із широтної імпульсною модуляцією слід враховувати припустиму кількість спрацьовувань.

Навіть при використанні реле із забезпеченням мільйона перемикань тривалість їх роботи може бути дуже короткою. При тривалості періоду 100 мс ця межа перемикань досягається за кілька днів. Тому застосування таких механічних виконавчих ланок при неінтегруючій характеристиці ділянки виключається. При робочих органах такого типу важливе значення для терміну служби виконавчої ланки і його керуючого приладу має дотримання мінімальної тривалості імпульсу (і мінімальної тривалості паузи).

Електронні перемикаючі (двопозиційні) це також релейні елементи, які розрізняють тільки два входні стани: "0" і "1" (вкл./викл., нагору/униз), але вони не зношуються і призначені для застосування у ділянках із неінтегруючою характеристикою. Представниками цього типу є, наприклад, тріодні тиристори й електронні реле (наприклад, твердотільні реле), які можуть управляти електричним нагріванням без додаткового фізичного перетворення. Для таких представників виконавчих ланок мінімальна тривалість імпульсу не є проблемою.

Інтегруючі (трипозиційні) виконавчі ланки зі зворотним зв'язком по положенню - це релейні елементи із двома бінарними входами, які розрізняють тільки два стани 1 і 0. Ці прилади в регуляторі перетворюють електричну, пневматичну або гідравлічну енергію в механічну величину.

Так, наприклад, при обертанні мотора (рис. 6.1) шпindel зрушує ярмо, і в такий спосіб прохідний отвір у вентилі стає більше або менше. Якщо мотор зупиниться, то корпус дроселя застигає у своїй позиції й отвір не змінюється. Таким чином, шпindel працює як інтегруюча ланка.

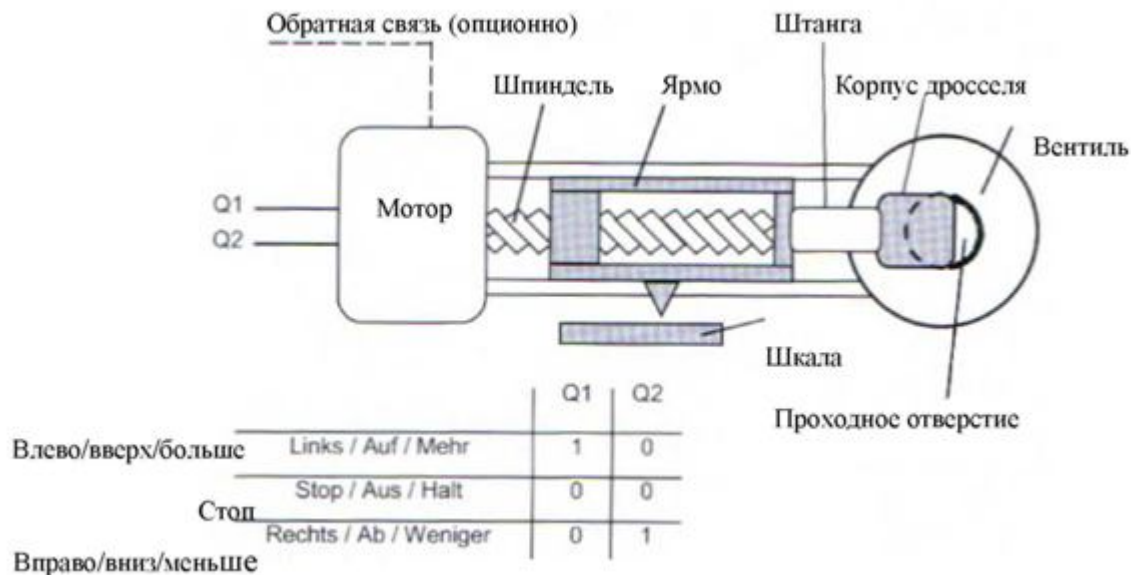


Рисунок 6.1 – Виконавчий пристрій інтегруючого типу

Показання механічної шкали повинне бути погоджене з аналоговим вихідним сигналом регулятора (дійсним значенням). Для цього на регулятор подається сигнал зворотного зв'язку по положенню (рис. 6.2) і скоректоване положення корпуса дроселя стосовно бінарного входу "нагору / униз".

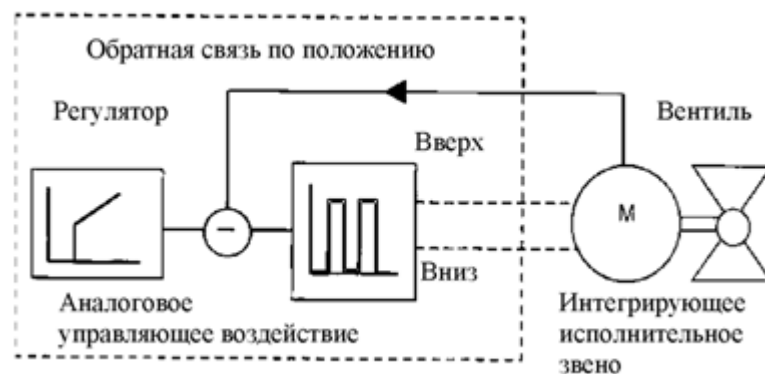


Рисунок 6.2 – Принцип подачі зворотного зв'язку в системі з інтегруючою виконавчою ланкою

У виконавчих ланках з аналоговим зворотним зв'язком по положенню формування сигналу в регуляторі дуже просте. Основним принципом є використання підлеглого контуру регулювання по положенню з аналоговим виконавчим значенням з PID-алгоритму в якості уставки зі зворотним зв'язком по положенню. Регулятор положення складається з компаратора або підлеглого регулятора, який управляє бінарним виходом (нагору й униз). Цей тип виконавчої ланки на практиці застосовується усе рідше, тому що істотні витрати на аналоговий зворотний зв'язок (формував сигнал у виконавчій ланці, з'єднання, власний аналоговий вхід у регулятора).

Далі буде розглядатися інтегруюча (трипозиційна) виконавча ланка без зворотного зв'язку по положенню.

## *Вентилі й засувки*

Приводи виконавчих вентилів і засувок розділяються на пневматичні, електропневматичні й електричні приводи.

*Пневматичні приводи* відрізняються надійністю, дуже високою динамікою, вони можуть давати дуже велике зусилля. При відключенні живильної енергії (повітряного тиску) вони самостійно займають певне положення.

*Електричні приводи* мають ту перевагу, що їм не потрібна ніяка інша живильна енергія (наприклад, повітряний тиск). Вони в більшості випадків перетворюють енергію моторного привода через трансмісію безпосередньо в положення. Електричні приводи, як правило, повільніше пневматичних і вимагають спеціальну вихідну функцію регулятора.

На рис. 6.3 показаний вентиль для води. Для проектувальника важливо знати, що характеристика виконавчої ланки може відігравати важливу роль для регулювання й для установки. При закритому вентилі потоку води нема, але при відкриванні вентиля потік води змінюється по нелінійному закону відносно лінійного переміщення штоку.



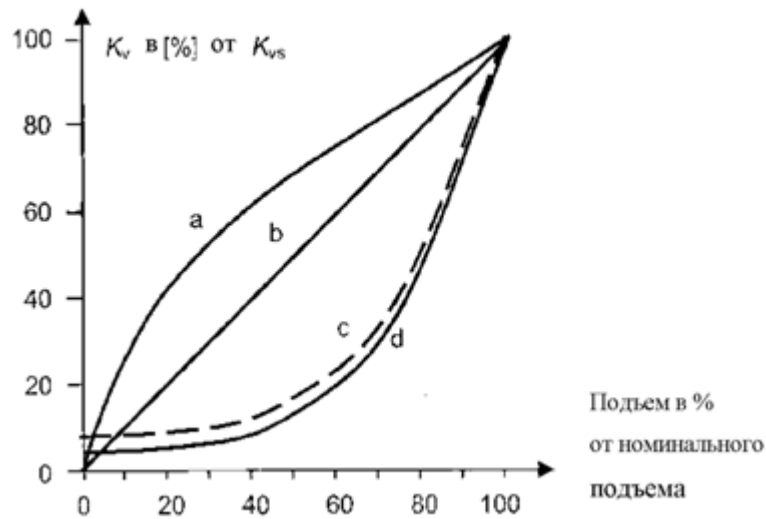
*Рисунок 6.3 – Приклад конструкції вентиля*

## *Характеристика вентиля*

Під характеристикою вентиля розуміють залежність значення  $kv$  (потік води в  $m^3/годину$ ) від підйому вентиля. При цьому по суті розрізняють дві характеристики: рівнопроцентну й лінійну. При виборі виконавчої ланки це має істотне значення на регулювання. Чим більше потік у протяжному трубопроводі, тим більше втрати тиску через опір потоку. Залежність між потоком і втратами тиску через опір потоку можна приблизно описати квадратичною характеристикою.

Ця залежність може бути вирівняна застосуванням рівнопроцентного вентиля. На рисунку 6.4 показано обидві форми характеристик.

Різні характеристики ясно показують, що одним тільки вибором типу вентиля можна внести велику відмінність у характеристику об'єкта керування. Ідея вирівняти таку нелінійність (на виході регулятора або на вході ділянки) за допомогою функції лінеаризації на вході може працювати тільки тоді, коли в іншій ділянці немає інших нелінійностей або впливів, що збурюють, які можуть впливати на робочу точку виконавчої ланки. Тому з погляду техніки регулювання було б ідеально, якби при запуску в експлуатацію лінеаризувалась нелінійність у виконавчій ланці на виході регулятора, а нелінійність сенсора - на вході регулятора.



*a) запірний вентиль, b) лінійна, c) і d) рівнопроцентні*

*Рисунок 6.4 – Характеристики вентилів*

#### *Заслінки й дросельні заслінки*

Заслінки й дросельні заслінки для рідин і газоподібних матеріалів (наприклад, повітря) складаються з рухливого диска або пластини, які виявляють більший або менший отвір для потоку. Заслінки часто мають дуже нелінійний характер – при повороті заслінки проявляється синусоїдальна нелінійність. Приводи в граничних положеннях у більшості випадків відключаються автоматично. Дросельні приводи широко поширені в автоматиці будинків (наприклад, в опалювальних і водопровідних системах). Раніше застосовувалися майже винятково перемикаючі (двопозиційні) сервоприводи. Сьогодні значно більшу роль відіграють пропорційні дросельні приводи. Для релейних (двопозиційних) сервоприводів рекомендується мінімальна тривалість імпульсу – 100 мс.

#### *Магнітні вентилі*

Магнітні вентилі є прикладами механічно перемикаючих (двопозиційних) виконавчих ланок. Вони менше підходять для регулювання процесів, особливо для регулювання потоку рідини. Магнітні вентилі в трубопроводах з потоком рідини викликають сильні удари, які можуть суттєво навантажувати всю трубопровідну систему. Вони або перемикають засувки, або ж вони застосовуються для регулювання газоподібних потоків.

У технології вони відіграють провідну роль при дозуванні рідин. Для магнітних вентилів рекомендується, якщо виготовлювач не пропонує інше, мінімальна тривалість імпульсу >100мс.

#### *Насоси й мотори зі змінюваним числом обертів*

Насоси й мотори без додаткових допоміжних агрегатів не застосовуються в якості виконавчих ланок для регулювання. Просте



включення й вимикання не уможлиблює точне регулювання. Разом з перетворювачем частоти мотори й насоси створюють широке поле можливостей у техніці регулювання. Але вирішальним для виконавчої ланки все-таки є не самі мотор або насос, а допоміжні агрегати (перетворювачі).

Приводи зі змінюваним числом обертів за хвилину застосовуються для регулювання потоків (насоси), для регулювання тиску (вентилятори й екструдери) і для обслуговування й підтримки технологічних процесів (мішалки, центрифуги, зволожувачі, очисні агрегати і т.д.).

#### *Виконавчі ланки дозування*

Дозування рідин може бути реалізоване дозуючими насосами або дозуючими вентилями, керованими дозуючими функціями. Існує також дозування мірними ємностями.

Дозування на основі дозуючих вентилів із програмно реалізованими функціями дозування (наприклад, технологічний функціональний елемент "DOSE" з PCS7 з функціями підготовки до вимикання, додаткового дозування й коректування) працює за допомогою запірнього вентиля в системі під тиском. Часто через непостійний тиск у трубопровідній системі ставлять дросельне керування або навіть PID-регулятор потоку, щоб можна було виконувати точне вимикання потоку рідини. Керування запірним вентилям ставить високі вимоги до динаміки дозуючої функції (залежно від вимог по швидкості й точності процесу).

Дозування твердих і сипучих матеріалів зазвичай створює на практиці значно менше проблем, чим дозування рідин. Тверді речовини можна дозувати за обсягом або гравіметрично. Об'ємне дозування відраховує встановлені часткові обсяги й при досягнутій кількості зупиняє керування; гравіметричне дозування здійснюється шляхом безперервного наповнення ємності, зміна ваги якої використовується для регулювання, тобто для керування приводом. При цьому розрізняють дозування наповненням і дозування спорожнюванням. Проблеми в дозуванні твердих матеріалів зв'язані більше з механікою або специфічними виробничими властивостями дозуємих сипучих матеріалів і менше із самим регулюванням.

У якості виконавчих ланок для дозування сипучих матеріалів можуть розглядатися:

- вібраційні дозатори,
- дозатори з ніздрюватим колесом,
- шнекові дозатори,
- конвеєрні ваги і т.д.

Багато із цих виконавчих ланок управляються "тільки" за допомогою одно- або двоступінчастих приводів.

## **6.2 Вплив вимірювальної техніки на регулювання**

У контролерах SIMATIC використовуються програмні регулятори, регулятори процесів і універсальні регулятори. Для керування, як правило,

застосовуються стандартні аналогові сигнали 0...10В, 0...20мА, 4...20 мА й додатково температурні сигнали від РТ100, а також від звичайних термоелементів. Крім того, стандартні аналогові вузли можуть обробляти й інші сигнали (наприклад, -10... + 10 В, 0...50 мВ). Для цих регуляторів і аналогових модулів можливе завантаження кожного каналу окремо або групами по чотири канали вищезгаданими стандартними сигналами. Зчитувані аналогові сигнали перетворюються та нормуються (0.100%) або видаються у фізичній формі (наприклад, 0...420°C).

Як і виконавчі ланки, сенсори бувають лінійні й нелінійні. До нелінійних сенсорів ставляться РТ100 і група термоелементів. Нелінійні сенсори в більшості випадків є пасивними елементами, передатні характеристики яких лінеаризуються. На рисунку 6.5 наведені характеристики деяких з нелінійних сенсорів, які для одержання лінійного температурного значення повинні бути лінеаризовані.

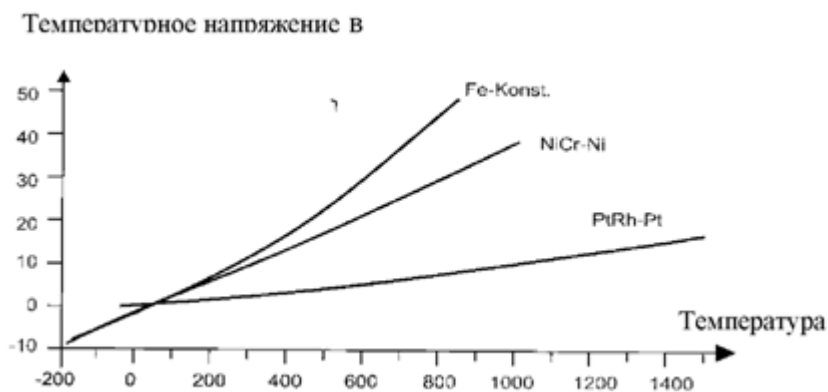


Рисунок 6.5 – Приклади нелінійних характеристик сенсорів

Більшість аналогових вузлів SIMATIC S7 дають відповідну лінеаризацію в самих вузлах. Універсальні регулятори й функціональні модулі припускають, як правило, підготовлені лінеаризації для найбільш застосовуваних сенсорів. Спеціалізовані сенсори повинні бути лінеаризовані самим користувачем. На ринку постійно росте число лінеаризованих сенсорів, які виконані як активні сенсори із власною лінеаризацією, потенційною розв'язкою й/або перетворенням рівня.

На практиці при підключенні сенсорів часто роблять помилки, які в найпростішому випадку приводять до повної відмови аналогового входу. У такому випадку пошуки помилки й усунення відмови порівняно прості. Складніше й більш небезпечним для людини, навколишнього середовища й процесу є випадок, коли на аналоговий вхід надходить значення, що не відповідає правильному.

Деякі важливі правила, які слід дотримувати при проектуванні, установці й уведенні в експлуатацію аналогових пристроїв зчитування, такі:

- Невикористовувані аналогові входи повинні заземлюватися й замикатися накоротко (але не аналогові виходи, що приведе до помилки).
- Аналоговий кабель (особливо всі сигнали з напругою 0.10 В, з

термоелементів і РТ100) повинні бути екрановані, а екрани повинні бути заземлені поблизу вузлів, з великою площею контакту.

- При різниці земних потенціалів менш мВ екран повинен приєднуватися тільки з одного боку, в іншому випадку - із двох сторін.
- Прокладка аналогових кабелів повинна виконуватися по можливості окремо від живильного кабелю.
- Довжини провідників не повинні перевищувати максимальних довжин, зазначених у технічних даних модуля.
- Місце установки сенсора часто визначає якість регулювання процесу

#### *Схеми підключення термоелементів*

Термоелементи, надалі позначувані скорочено ТЕ, є сенсори, які створюють різницю потенціалів двох різних металів (металевих сплавів), якщо їх з однієї сторони гальванічно з'єднати, а до початку й кінцю їх провідників дати різні температури. Чим більше різниця температур, тим більше різниця потенціалів. Залежність між різницею температур і різницею напруг зазвичай нелінійна.

На рисунку 6.5 показано, наскільки різними можуть бути залежності при комбінаціях металів. Окремі ТЕ на практиці позначаються їхніми спеціальними скороченнями (позначеннями типу). На противагу обмеженої області температур резисторних термометрів, окремі термоелементи можуть працювати до температур вище 1000°C.

Крім того, розрізняють заземлені й незаземлені термоелементи. У заземленому ТЕ електричний потенціал вимірювального наконечника ідентичний потенціалу станини машини (установки, ділянки регулювання). Заземлені й незаземлені термоелементи найчастіше вимагають різної техніки підключення до аналогового входу. На практиці в цьому місці часто виникають неясності. Рекомендації з побудови й вказівки по розведенню окремих виробів слід виконувати найточніше. Визначальну роль при знятті значення температури за допомогою термоелемента на вимірювальному наконечнику відіграє, як згадувалося, визначення температури порівняльного (холодного) спаю. Холодний спай є та клема, за допомогою якої виконується перехід від двох різних металів (наприклад, залізо - константан) до металу кабелю.

Одержання температури холодного спаю логічно потребує такого принципу вимірів, який не прив'язаний до цієї температури. При одержанні температури холодного спаю найбільш частим є застосування елементів РТ100 (рис. 6.6).

Інша можливість визначення температури холодного спаю полягає в *стабілізації холодного спаю* за допомогою зовнішнього нагрівання (рис. 6.7). При цьому термічно ізольована клемна колодка перебуває при постійній температурі. Основою обчислення температури вимірювального наконечника при визначенні аналогового значення тоді може застосовуватися константа (у наведеному на рисунку 6.7 прикладі 30°).

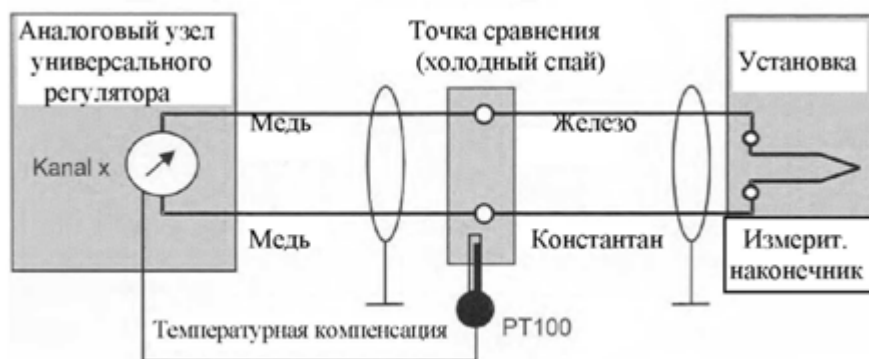


Рисунок 6.6 – Принцип визначення температури холодного спаю

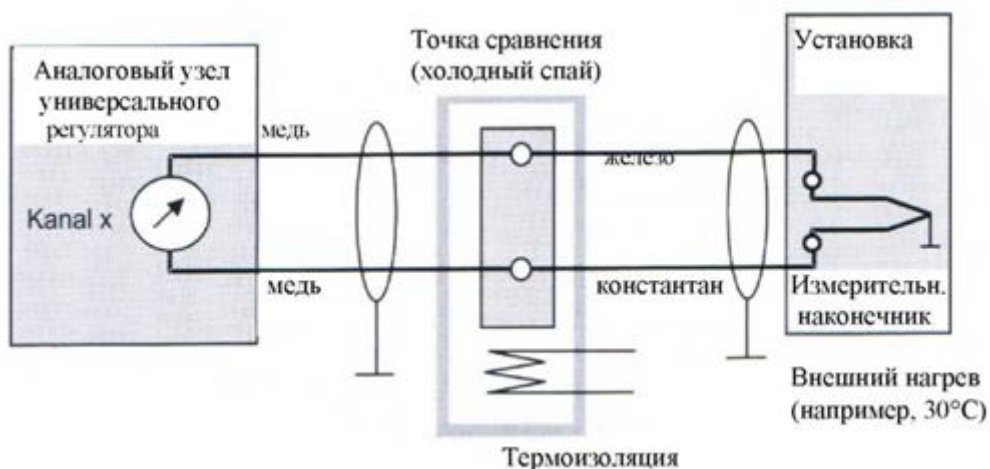


Рисунок 6.7 – Принцип стабілізації температури холодного спаю

Наступною можливістю є зчитування температури за допомогою компенсаційної коробки (рисунок 6.8). У цій коробці перебуває вимірювальна мостова схема, яка повинна живитися зовнішньою напругою і яка передає компенсаційне значення на вхідний вузол.

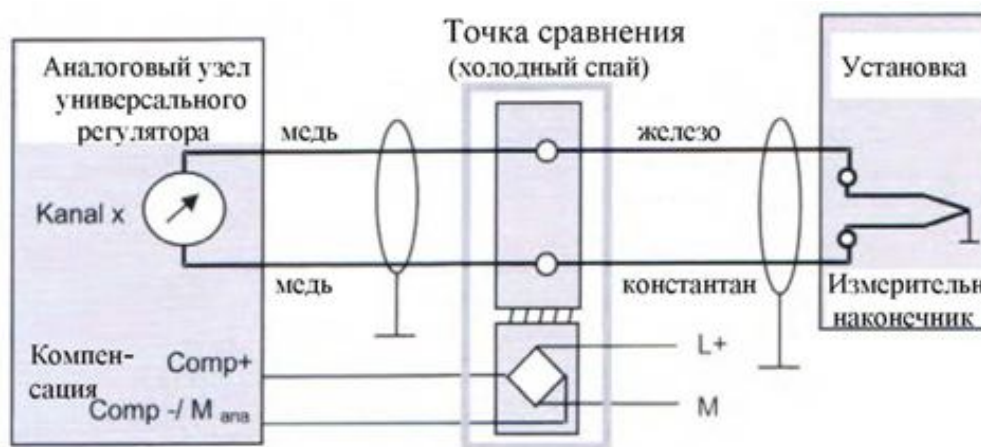


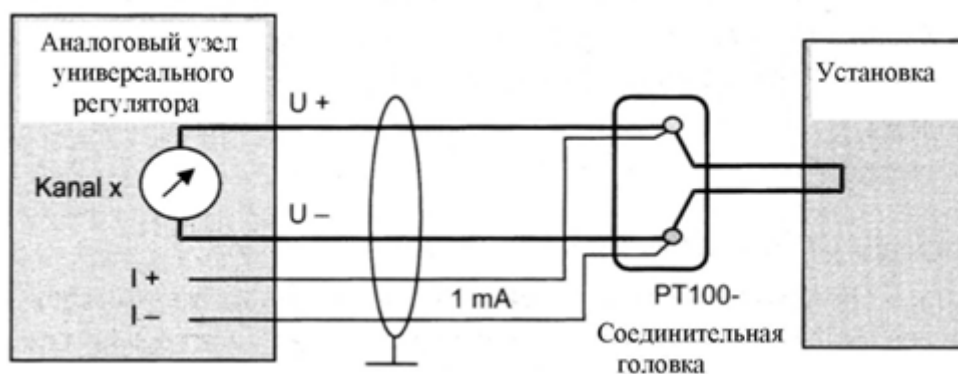
Рисунок 6.8 – Принцип підключення ТЕ з компенсаційною коробкою

Слід урахувати, що при малих напругах на ТЕ ці сенсори чутливі до електромагнітних перешкод. Це слід взяти до уваги при прокладці кабелів, визначенні місця установки й при заходах щодо екранування.

#### *Схема підключення резисторного термометра*

На противагу принципу виміру різниці напруг на термоелементах, резисторні термометри одержують їхнє вимірюване значення на основі виміру опору певних сплавів, які при температурних змінах мають різні значення опору. Найважливішим представником є сенсор РТ100.

Для виміру опору постійний струм перетворюється в температурнозалежну напругу й підводиться до вузла. Для цього типу сенсорів не потрібний холодний спай, стосовно корозії вони значно надійніше термоелементів. Живлення струмом резисторних термометрів вимагає компромісу протиріч: з однієї сторони струм повинен бути обраний по можливості малим, щоб не викликати ніякого розігріву сенсора, з іншої сторони він повинен бути обраний по можливості більшим, щоб одержати як можна більший вимірюваний сигнал. Для живлення резисторного термометра з метою забезпечення точності вимірів слід прокласти власні провідники до вимірювальної головки й там їх розмістити. Таку техніку підключень називають 4-провідним підключенням (рис. 6.9).



*Рисунок 6.9 – Принцип чотирьохпроводного підключення сенсора*

При цьому можна чекати найменших викривлень через опір провідників. Якщо об'єднати разом мінусові провідники для вимірювального сигналу й електроживлення, то вийде 3-провідне підключення, при яким точність зменшується. Трьохпроводне підключення показано на рис. 6.10.

#### *Схема підключення сенсору РТ100*

Сенсор РТ100 одержав свою назву від платиного сплаву, який при 0°C має номінальний опір точно 100 Ом. Сенсори РТ100 на швидких ділянках не настільки динамічні, як термоелементи, тому що вони, як правило, виконуються більш масивними. Сенсори РТ100 мають також нелінійну характеристику, яка повинна бути лінеаризована. Відповідні дані по характеристиках РТ100 можна знайти в технічних довідниках.

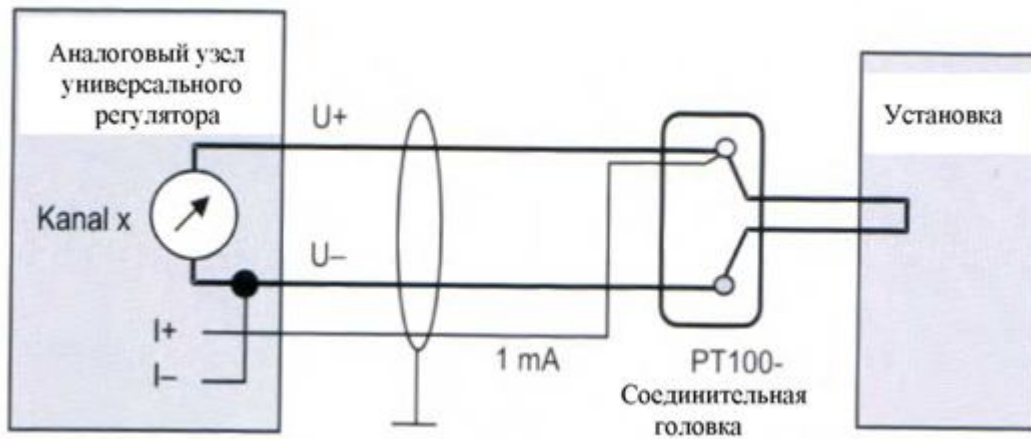


Рисунок 6.10 – Принцип трёхпроводного подключения сенсора

### Особенности сенсоров PT500 и PT1000

Сенсоры PT500 и PT1000 построены в принципе так само, как и сенсор PT100, только с соответствующими номинальными опорными сопротивлениями (500 Ом и 1000 Ом) при 0°C. Эти сенсоры находят применение в системах регулирования при высоких требованиях к точности. Через высокий сопротивление самого сенсора влияние опорных проводников незначительно, кроме того, при той же точности они работают с значительно меньшим током питания и потому с меньшим саморазогревом.

### Стандартные сигналы (0...10 В, 4...20 мА или 0...20 мА)

Сенсоры потока, давления и веса и другие измерительные приборы технологической области на практике оборудованы собственными измерительными преобразователями, которые выдают нормированные сигналы (0...10 В, 4...20 мА или 0...20 мА). С точки зрения программного управления (PLC) и регуляторов процессы различают в основном два вида измерительных преобразователей – четырехпроводные и двухпроводные.

Четырехпроводные измерительные преобразователи питаются от внешнего источника напряжения, как показано на рисунке 6.11.

Двухпроводные измерительные преобразователи (рис. 6.12) получают свое питающее напряжение от источника питания входного аналогового узла или универсального регулятора.

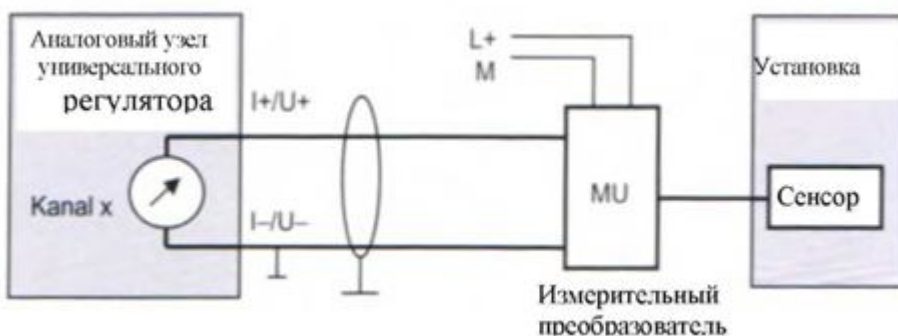


Рисунок 6.11 – Принцип четырехпроводного подключения измерительного преобразователя

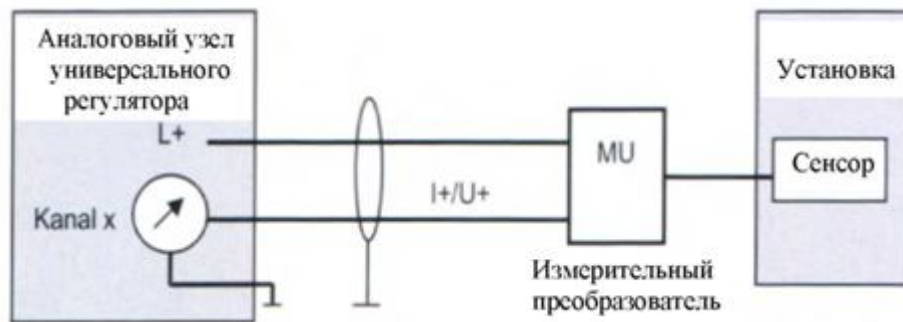


Рисунок 6.12 – Принцип двухпроводного підключення вимірювального перетворювача

### *Принцип виміру при аналоговім зчитуванні*

В вимірювальній техніці відомі й описані різні методи зчитування вимірюваних значень і обробки сигналів у цифрових обчислювачах, приладах регулювання й системах керування процесами. Зчитування обмірюваних значень виконується за допомогою вхідних підсилювачів, фільтрів, мультиплексорів і аналого-цифрових перетворювачів (АЦП). Принцип виміру АЦП може дуже впливати на регулювання. В SIMATIC знаходять застосування в основному три відомі способи такого перетворення: інтегруючий, кодування миттєвого значення, послідовної апроксимації й сігма-дельта спосіб.

### *Інтегруючий або двотактний спосіб*

Самим розповсюдженим принципом виміру в АЦП при аналоговому вході (для сигнальних модулів SIMATIC) регуляторів процесу й універсальних регуляторів є інтегруючий спосіб. Цей спосіб відносно повільний, але зате дуже стійкий щодо перешкод у промисловім оточенні. Там особливо поширені електромагнітні поля з гармоніками, кратними частоті мережі. Виміри показали, що в Європі домінуючу роль у спектрі частот сигналів перешкод відіграє частота 400 Гц.

При інтегруючому способі вимірюване значення інтегрується протягом цілої хвилі 20 мс при 50 Гц. Розряд інтегратора запускається опорним сигналом. Інтервал часу від початку розряду до його повного закінчення ухвалюється рівнем прикладеного вимірюваного сигналу. При такому принципі виміру автоматично виключаються всі частоти сигналів перешкод, тому що їхні негативні й позитивні імпульси компенсуються. Внаслідок тривалого часу одержання нового аналогового значення (20 мс при частоті мережі 50 Гц і 16,7 мс при 60 Гц) цей спосіб годиться тільки для відносно повільних ділянок регулювання (>1-2 секунди). Як правило, цього вистачає для температурних ділянок і звичайного регулювання в промисловості.

### *Спосіб кодування миттєвого значення*

Суттєво швидшим принципом АЦП при аналоговім уведенні для сигнальних модулів SIMATIC є спосіб кодування миттєвого значення з використанням  $n$  компараторів для формування  ***$n$ -розрядного коду***. Цей спосіб виміру забезпечує в аналогових вузлах SIMATIC діюче вимірюване значення протягом декількох мікросекунд. Таке зчитування аналогових значень підходить для швидкого регулювання, як, наприклад, для регулювання числа обертів.

Проблеми з такими аналоговими вузлами можуть з'являтися в тому випадку, якщо сенсор або аналогові провідники підпадають під вплив заважаючих електромагнітних полів. Через ефект биттів можуть виникати тривалі перешкоди у вигляді частот, що накладаються на одержуване значення сигналу. Відфільтрувати ці перешкоди за допомогою програмних алгоритмів виявляється важко й дорого.

### *Метод послідовної апроксимації*

Саме поняття "послідовна апроксимація" описує принцип зчитування вимірюваного значення. При цьому до значення вимірюваного сигналу наближаються по кроках. Спочатку грубо, починаючи з установки одиниці в старшому розряді, а потім усе більш дрібними кроками, рухаючись від старших розрядів до самого молодшого, поки порівнюване значення не буде відповідати вимірюваному сигналу.

### *Спосіб сігма-дельта функції*

Новий, але досить витратний спосіб сігма-дельта АЦП для аналогового введення ґрунтується на тому, що інтегратор з підключеним компаратором зі зворотним зв'язком (1-бітний перетворювач) створює змінну тривалість імпульсу, з якої виходить вимірюване значення. Це виконується в чипі з високим ступенем інтеграції. При такому відносно повільному способі виміру можна досягти дуже високу точність при одночасно високій вірогідності. Застосування такого способу виправдовується у вузлах з високими вимогами до дозволу й при складних вимірювальних завданнях (вимір температури при прямім підключенні).

Фільтрація заважаючих частот відбувається здебільшого у вузлах і виконується там комбінацією апаратних і програмних комплексних фільтрів.

### *Дозвіл, точність і відтворюваність*

Основними величинами в оцінці аналогового введення є дозвіл, точність і відтворюваність (повторюваність). На практиці ці поняття завжди впливають одне за іншим.

*Дозвіл аналогового введення* є число біт, якими вимірюваний сигнал сприймається вимірювальним приладом.

Під *точністю аналогового введення* розуміють точність вистави вимірюваного значення. У нього входять помилки вимірювального введення, помилки перетворення й квантування й помилки вимірювального



перетворювача. Ця сумарна помилка проявляється завжди в кінцевім значенні вистави. Якщо вимір відбувається завжди в нижній частині діапазону вимірюваних величин, то навіть при 14-бітнім перетворенні виникають погрішності при зчитуванні вимірюваних значень.

*Відтворюваність результатів* виміру визначається по різниці показань вимірюваного значення для декількох вимірювань. Вона повинна бути менше 0,1% від граничного значення області вимірів.

### 6.3 Підключення пристроїв і регулятора в SIMATIC Manager

В SIMATIC S7/PCS7 конфігурація й налагодження безпосередньо або централізовано підключених сенсорів, а також виконавчих пристроїв виконується за допомогою SIMATIC Manager.

В SIMATIC Manager за допомогою додатка "HW Config" можна не тільки конфігурувати й адресувати відповідну апаратуру, але й побачити всі підходящі вузли у вигляді апаратного каталогу, які можуть бути обрані користувачем відповідно до застосовуваного принципу виміру. Так, на одному 2-канальному вузлі аналогового введення (рис. 6.13) у певних межах можна підібрати кожному аналоговому каналу інший тип виміру або інший діапазон вимірів. Крім того, за допомогою маски можна також установити вид діагностики, якщо це підтримується модулями.

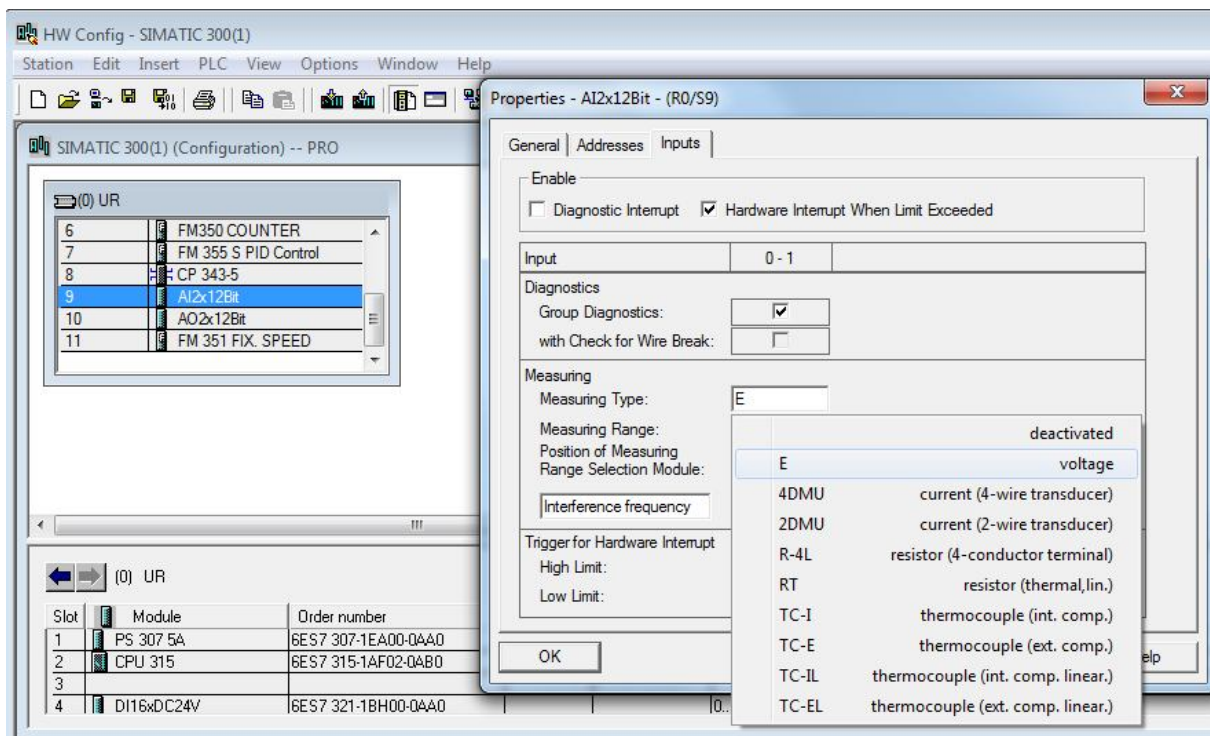


Рисунок 6.13 – Приклад установки виду й діапазону вимірів двоканального модуля аналогового введення

В SIMATIC S7/PCS7 конфігурація й установка панельних приладів виконується за допомогою SIMATIC PDM. Там можна виконати налагодження приладу за допомогою конфігураційної маски, вкладеної в інструмент.

Для використання програмного регулятора в SIMATIC Manager запускаємо програму Standard PID Control і у вікні програми клацаємо по кнопці «Відкрити новий файл». З'являється вікно New, яке показано на рисунку 6.14.

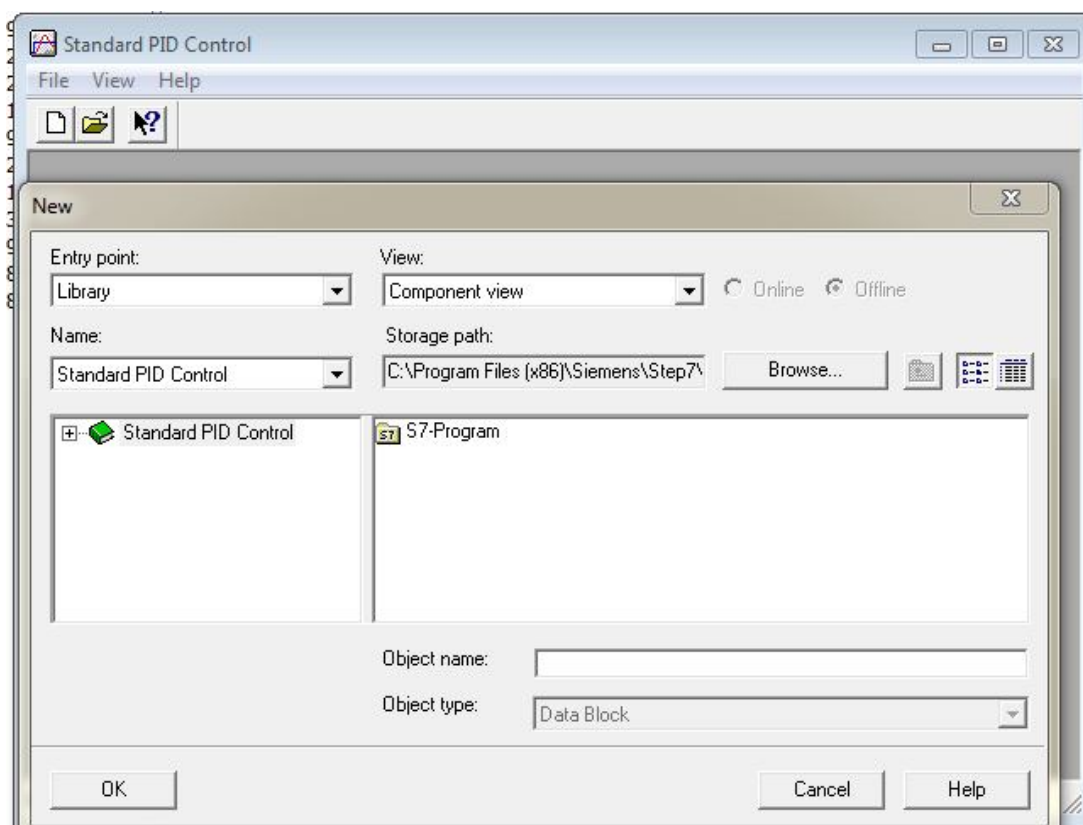
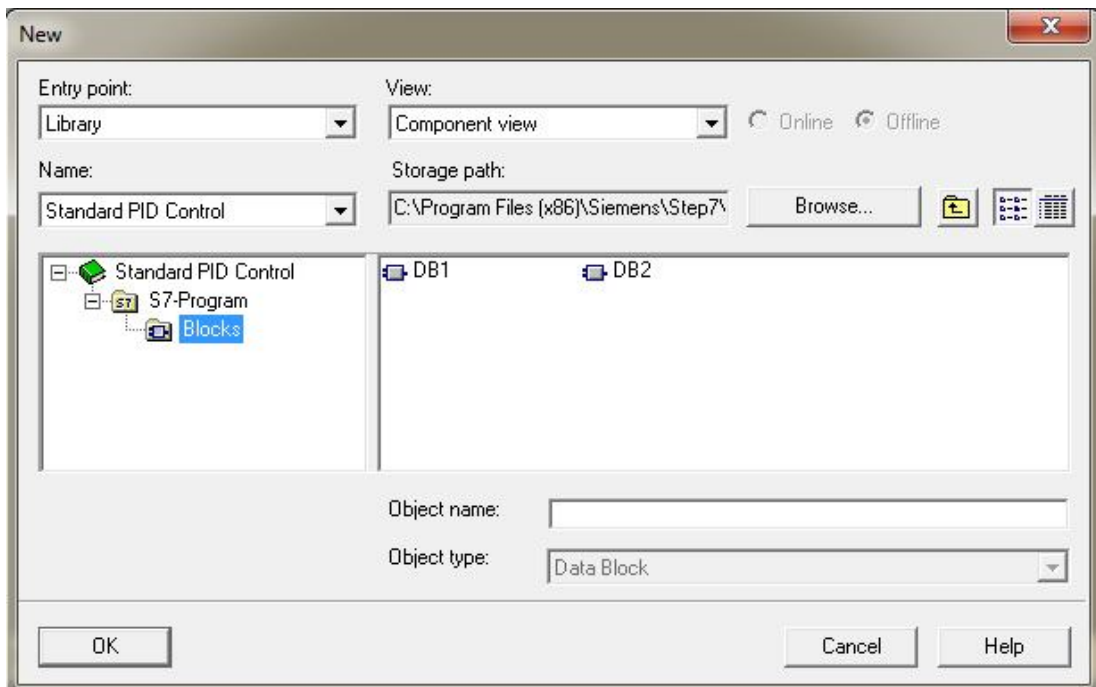


Рисунок 6.14 – Вид вікна New

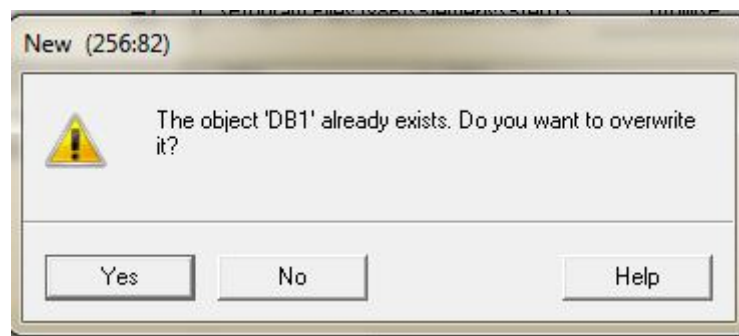
У цьому вікні (див. рис. 6.15) вибираємо у списку Entry point «Library» а в списку Name вибираємо «Standard PID Control».

Далі розкриваємо папку Standard PID Control, в якій з'являється папка Blocks. Клацаємо по ній і в правім полі з'являються два блоки **DB1** і **DB2**. Подвійним клацанням відкриваємо блок DB1 і з'являється повідомлення, показане на рисунку 6.16.

В цьому вікні тиснемо на кнопку Yes і з'являється вікно, показане на рисунку 6.17, для вибору типу регулятора – аналоговий PID\_CP на блоці FB1 або цифровий PID\_ES на блоці FB2.

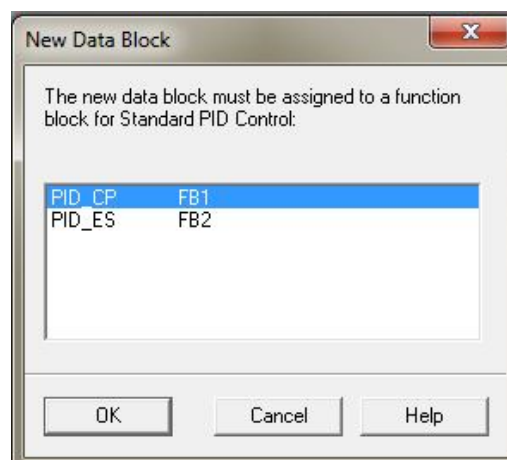


*Рисунок 6.15 – Настроювання у вікні New*



*Рисунок 6.16 – Запитання про перезапис блоку даних*

Тиснемо ОК, наприклад, на першому і одержуємо вікно настроювання аналогового ПІД-регулятора, показане на рисунку 6.18.



*Рисунок 6.17 – Вікно вибору типу регулятора, для якого створюється блок даних DB1*

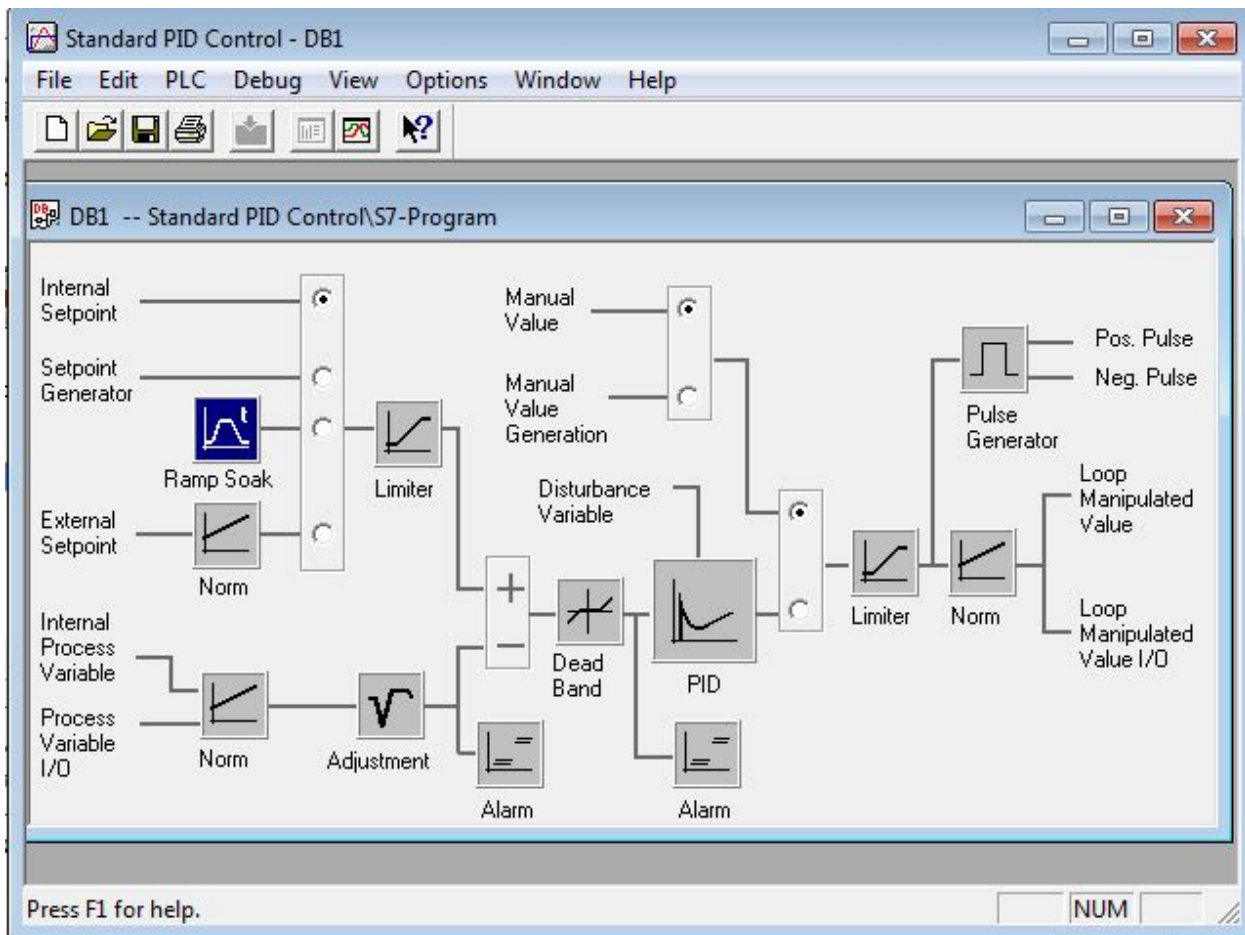


Рисунок 6.18 – Вікно настроювання програми Standard PID Control

За допомогою програмних перемикачів можуть бути підключені або відключені наступні функції:

- Обробка уставок за допомогою генератора уставок, часовий програмний датчик, нормування, виклик FC, обмеження росту значень уставок і установка граничних значень уставок.
- Обробка фактичних значень шляхом нормування, згладжування, обчислення середньоквадратичного значення, виклику FC, контролю граничних значень і контролю динаміки росту фактичного значення.
- Обробка значень неузгодженості регулювання з урахуванням зони нечутливості й контролю граничних значень.
- Алгоритм регулювання PID для крокового регулятора з або без зворотного зв'язку по поточнім положенні.
- Обробка поточних значень змінних регулювання з можливістю перемикання з автоматичного в ручний режим (і назад) і функції ручної генерації значень регулювання, виклику FC, обмеження динаміки росту уставок, обмеження значень і нормування параметрів регулювання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. SIMATIC. Программируемые контроллеры S7-300/400. Руководство пользователя. Выпуск 2.
2. SIEMENS. Каталог СА 01-2018 Электронный ресурс. Режим доступа: <http://en-res.ru/document/siemens-ca01-rus.html>