

Г. О. Черепашук, О. П. Потильчак

**ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМОВАНИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ
У ЗАСОБАХ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Г. О. Черепашук, О. П. Потильчак

**ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМОВАНИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ
У ЗАСОБАХ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

Навчальний посібник до курсового та дипломного проектування

Харків «ХАІ» 2024

УДК 681.518.3:004.312.66(075.8)
Ч46

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. І. П. Захаров,
канд. фіз.-мат. наук, доц. А. М. Цимбал

Черепашук, Г. О.

Ч46 Застосування програмованих логічних контролерів у засобах вимірювальної техніки [Електронний ресурс] : навч. посіб. до курс. та дипл. проєктування / Г. О. Черепашук, О. П. Потильчак. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2024. – 68 с.

Розглянуто особливості використання програмованих логічних контролерів у засобах вимірювальної техніки. Наведено детальний опис основних функцій програмованих логічних контролерів, а також приклади їх використання для вирішення завдань вимірювання та контролю.

Для студентів спеціальностей 175 «Інформаційно-вимірювальні технології» і 176 «Мікро- та наносистемна техніка».

Іл. 58. Табл. 6. Бібліогр.: 4 назви

УДК 681.518.3:004.312.66(075.8)

© Черепашук Г. О., Потильчак О. П., 2024
© Національний аерокосмічний
університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», 2024

ВСТУП

Контролером у системах автоматизації називають пристрій, що керує фізичними процесами за записаним у нього алгоритмом із використанням інформації, що отримується від датчиків і виводиться у виконавчі пристрої.

Перші контролери з'явилися на межі 60–70-х рр. в автомобільній промисловості, де використовувалися для автоматизації складальних ліній. Тоді комп'ютери коштували надзвичайно дорого, тому контролери будувалися на жорсткій логіці (програмувалися апаратно), що було набагато дешевше. Проте перенастроювання з однієї технологічної лінії на іншу фактично потребувало виготовлення нового контролера. Тому з'явилися контролери, алгоритм роботи яких могло бути змінено на дещо простіший – за допомогою схеми з'єднань реле. Такі контролери дістали назву програмованих логічних контролерів (ПЛК), і цей термін зберігся дотепер.

Трохи пізніше з'явилися ПЛК, які можна було програмувати машинно-орієнтованою мовою, що було простіше конструктивно, але потребувало участі спеціально навченого програміста для внесення навіть незначних змін до алгоритму керування. Із цього моменту розпочалася боротьба зі спрощення процесу програмування ПЛК, яка привела спочатку до створення мов високого рівня, потім – спеціалізованих мов візуального програмування, схожих на мову релейної логіки. Наразі цей процес завершено створенням міжнародного стандарту IEC (МЕК) 1131-3 [Bertocco], який перейменовано на МЕК 61131-3 [IEC]. Стандарт МЕК 61131-3 підтримує п'ять мов технологічного програмування, що робить непотрібним залучення професійних програмістів під час побудови систем із контролерами, залишаючи для них вирішення нестандартних завдань.

Метою цього посібника є надання здобувачам вищої освіти основних знань стосовно ПЛК, що дасть їм змогу використовувати ці пристрої в курсових і дипломних проєктах, а також у подальшій професійній діяльності.

1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОГРАМОВАНІ ЛОГІЧНІ КОНТРОЛЕРИ

1.1 Особливості застосування та класифікація ПЛК

ПЛК використовуються майже у всіх сферах людської діяльності, а саме:

- для автоматизації технологічних процесів;
- у системах протиаварійного захисту та сигналізації;
- у верстатах із числовим програмним керуванням;
- для керування дорожнім рухом;
- у системах життєзабезпечення будівель;
- у системах охорони;
- у медичному обладнанні;
- для керування роботами;
- для керування вимірювальними засобами;
- у системах зв'язку;
- при постановці фізичних експериментів;
- для керування космічними кораблями;
- для автоматизації випробувань продукції тощо.

Проте досі залишається багато галузей економіки, у які контролерна автоматизація лише впроваджується.

Згідно з останніми опитуваннями більшість фахівців використовує ПЛК у завданнях керування верстатами, певна частка – у завданнях, пов'язаних із керуванням технологічними процесами, меншість – у керуванні переміщеннями та в завданнях діагностики.

Контролери використовуються не тільки як автономні засоби локального керування технологічними установками, а й в складі широкомасштабних систем автоматизованого керування цілими підприємствами.

Обмеження на вартість і величезна різноманітність цілей автоматизації призвели до неможливості створення універсального ПЛК, як це сталося з офісними комп'ютерами. Область автоматизації висуває безліч завдань, відповідно до яких розвивається і ринок, що містить сотні несхожих один на одного контролерів, котрі відрізняються десятками параметрів. Кожен виробник випускає кілька типів ПЛК різної потужності та вартості, щоб збільшити прибуток завдяки сегментуванню ринку.

Вибір оптимального для конкретного завдання контролера ґрунтується зазвичай на відповідності функціональних характеристик контролера вирішуваному завданню за умови мінімальної вартості. Враховуються також інші важливі характеристики (температурний діапазон, надійність, бренд виробника, наявність сертифікатів тощо).

Незважаючи на величезну різноманітність контролерів, у їх розвитку є такі загальні тенденції:

- зменшення габаритів;
- розширення функціональних можливостей;
- збільшення кількості підтримуваних інтерфейсів і мереж;
- використання ідеології «відкритих систем»;
- використання мов програмування стандарту МЕК 61131-3;
- зменшення вартості.

Ще однією тенденцією є поява в контролерах ознак комп'ютера (наявність миші, клавіатури, монітора, операційної системи (ОС) Windows, можливості підключення жорсткого диска), а в комп'ютерах – ознак контролера (розширений температурний діапазон, електронний диск, захист від пилу та вологи, кріплення на DIN-рейку, наявність сторожового таймера, збільшена кількість комунікаційних портів, використання ОС жорсткого реального часу, функції самотестування та діагностики, контроль цілісності прикладної програми). З'явилися комп'ютери в конструктивах, адаптованих для жорстких умов експлуатації. Апаратні відмінності між комп'ютером і контролером поступово зникають. Основними відмінними ознаками контролера залишаються його призначення та наявність технологічної мови програмування.

Для класифікації величезної різноманітності наявних нині контролерів розглянемо їх суттєві відмінності. Основним показником ПЛК є кількість каналів введення-виведення. За цією ознакою ПЛК поділяють на такі групи:

- нано-ПЛК (менше 16 каналів);
- мікро-ПЛК (від 16 до 100 каналів);
- середні (від 100 до 500 каналів);
- великі (більше 500 каналів).

За розміщенням модулів введення-виведення ПЛК бувають:

1 Моноблоковими, у яких пристрій введення-виведення не може бути видаленим від контролера чи заміненим на інший. Конструктивно контролер є єдиним цілим із пристроями введення-виведення (наприклад, одноплатний контролер). Моноблоковий контролер може мати, наприклад, 16 каналів дискретного введення та 8 каналів релейного виведення.

2 Модульними, що складаються із загального крейту (шасі), у якому містяться модуль центрального процесора та змінні модулі введення-виведення. Склад модулів вибирається користувачем залежно від вирішуваного завдання. Типова кількість слотів для змінних модулів – від 8 до 32.

3 Розподіленими (з віддаленими модулями введення-виведення), у яких модулі введення-виведення виконані в окремих корпусах, з'єднуються з модулем контролера мережею (зазвичай на основі інтерфейсу RS-485) і можуть бути розташовані на відстані до 1,2 км від процесорного модуля.

Часто перелічені конструктивні типи контролерів комбінуються, наприклад, моноблоковий контролер може мати кілька знімних плат; моноблоковий і модульний контролери можуть бути доповнені віддаленими модулями введення-виведення, щоб збільшити загальну кількість каналів.

Багато контролерів мають набір змінних процесорних плат різної продуктивності. Це дає змогу розширити коло потенційних користувачів системи без зміни конструктиву.

За конструктивним виконанням і способом кріплення контролери поділяють на такі:

- панельні (для монтажу на панель або дверцята приладової шафи);
- для монтажу на DIN-рейку всередині приладової шафи;
- для кріплення на стіні;
- для монтажу в стійці;
- безкорпусні (зазвичай одноплатні) для використання в спеціалізованих конструктивах виробників обладнання.

За областю застосування контролери поділяють на такі типи:

- універсальні загальнопромислові;
- для керування роботами;
- для керування позиціонуванням і переміщенням;
- комунікаційні;
- ПІД-контролери;
- спеціалізовані.

За способом програмування контролери бувають:

- програмовані з лицьової панелі контролера;
- програмовані переносним програматором;
- програмовані за допомогою дисплея, миші та клавіатури;
- програмовані за допомогою персонального комп'ютера.

Контролери можуть програмуватися такими мовами:

- класичними алгоритмічними (C, C#, Visual Basic);
- мовами МЕК 61131-3.

Контролери можуть не мати у своєму складі модулів введення-виведення. Прикладами контролерів без модулів введення-виведення є комунікаційні контролери, які виконують функцію міжмережевого шлюзу, або контролери, які отримують дані від контролерів нижнього рівня ієрархії автоматизованої системи керування технологічним процесом (АСУ ТП).

1.2 Архітектура ПЛК

Архітектурою контролера називають набір його основних компонентів і зв'язків між ними. Типовий склад ПЛК містить центральний процесор, пам'ять, мережеві інтерфейси та пристрої введення-виведення (рисунки 1.1). Іноді ця конфігурація доповнюється пристроєм для

програмування та пультом оператора, пристроями індикації, рідше – принтером, клавіатурою, мишею або трекболом.



Рисунок 1.1 – Типова архітектура ПЛК

Процесорний модуль містить мікроконтролер (або центральний процесорний пристрій), запам'ятовуючі пристрої, годинник реального часу і сторожовий таймер. Основними характеристиками мікроконтролера є розрядність (у ПЛК використовуються 8, 16 і 32-розрядні мікроконтролери), тактова частота, архітектура, наявність операцій з рухомою точкою, типи портів введення-виведення, діапазон робочих температур і споживана потужність.

Продуктивність мікроконтролерів з однаковою архітектурою пропорційна тактовій частоті. Більшість ПЛК використовують мікроконтролери зі скороченим набором команд (RISC – Reduced Instruction Set Computing), у яких використовується невелика кількість команд однакової довжини та велика кількість регістрів. Скорочений набір команд дає змогу будувати ефективніші компілятори та конвеєр

контролера, здатний за кожен такт видавати результат виконання чергової команди.

Ємність пам'яті визначає кількість змінних, які можна обробити в процесі функціонування ПЛК. У мікроконтролерах час доступу до пам'яті є одним із суттєвих факторів, що обмежують швидкодію. Тому пам'ять поділяють на кілька рівнів ієрархії залежно від частоти використання даних, що зберігаються в ній, і швидкодії. Ієрархія пам'яті належить до суттєвих характеристик архітектури процесора, оскільки вона дає змогу зменшити негативний вплив повільної пам'яті на швидкодію мікропроцесора. Основними типами пам'яті є постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) та набір регістрів. Регістри є швидкодійними елементами пам'яті, оскільки вони використовуються арифметико-логічним пристроєм (АЛП) для виконання елементарних команд процесора. ПЗП використовують для зберігання інформації, що рідко змінюється, як операційна система, драйвери пристроїв, завантажувач, виконуваний модуль програми користувача. ОЗП використовується для зберігання даних, які багаторазово змінюються в процесі роботи контролера, наприклад значення тегів, результати проміжних обчислень, діагностична інформація, масиви, що виводяться на графіки, дані для відображення на дисплеї.

Як ПЗП, або ROM (Read Only Memory), зазвичай використовується постійний запам'ятовувач, який програмується й очищується за допомогою електрики – EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM). Різновидом EEPROM є флеш-пам'ять, принцип дії якої оснований на зберіганні заряду в конденсаторі, утвореному плаваючим затвором і підкладкою МОП-транзистора. Особливістю флеш-пам'яті є її енергонезалежність, тобто збереження даних за умови вимкненого живлення. Очищення та перезапис у флеш-пам'яті виконується не окремими комірками, а великими блоками. Кількість циклів запису інформації у флеш-пам'ять обмежена і становить кілька десятків тисяч разів. Загальним недоліком усіх ПЗП є низька швидкодія.

Як ОЗП сучасні мікропроцесори використовують статичну пам'ять SRAM (Static Random Access Memory) та динамічну DRAM (Dynamic Random Access Memory) або SDRAM (Synchronous DRAM). SRAM побудовано на тригерах, інформація в яких зберігається необмежено довго за наявності живлення. У динамічній пам'яті інформація зберігається на конденсаторах, і тому DRAM потребує періодичної регенерації (перезаряджання конденсаторів). До недоліків тригерної пам'яті належать її висока вартість, пов'язана з низькою щільністю компонування тригерів на кристалі, і низьке відношення ємності до ціни. Перевагою є висока швидкодія, що досягає одиниць гігагерців, тоді як пам'ять на конденсаторах не може працювати на частотах вище за сотні герців. Обидва типи пам'яті (DRAM та SRAM) не можуть зберігати інформацію за

умови вимкнення живлення ПЛК. Тому деякі типи ПЛК використовують автономне живлення пам'яті для збереження працездатності системи автоматизації після короткочасного переривання живлення.

Моноблокові та модульні контролери використовують зазвичай паралельну шину для обміну даними з модулями введення-виведення, що дає змогу на порядок підвищити швидкодію їх опитування порівняно з послідовною шиною. Паралельні шини можуть бути стандартними (ISA, PC/104, PCI, CompactPCI, VME, CXM) або розробленими компанією-виробником ПЛК. Послідовна шина контролера (на основі інтерфейсу RS-485) використовується для підключення до нього віддалених (розподілених) модулів введення-виведення.

Сторожовий таймер являє собою лічильник, який підраховує імпульси тактового генератора і в нормальному режимі періодично перезавантажується («Скидання») мікроконтролером, що працює. Якщо мікроконтролер «зависає», то сигнали «Скидання» не надходять у лічильник, і лічильник продовжує рахувати доти, доки, досягнувши певний поріг, не згенерує сигнал «Скидання» для перезавантаження мікроконтролера.

Годинник реального часу є кварцовим годинником, який живиться від батареї і тому продовжує відраховувати час за умови вимкнення ПЛК. Годинник реального часу використовується, наприклад, для керування вуличним освітленням залежно від часу доби, у системах охорони об'єктів та інших випадках, коли необхідне прив'язування даних або подій до астрономічного часу.

Процесорний модуль ПЛК виконує такі завдання:

- збирає дані з модулів введення в пам'ять і надсилає дані з пам'яті в модулі виведення;
- виконує обмін даними з пристроєм для програмування контролера;
- видає мітки годинника реального часу;
- здійснює обмін даними з промисловою мережею;
- реалізує стек протоколів промислової мережі (для цієї мети можуть використовуватись допоміжні комунікаційні процесори);
- здійснює початкове завантаження та виконання операційної системи;
- виконує завантажувальний модуль програми системи автоматизації;
- керує процесами обміну з пам'яттю.

Однією з тенденцій у розвитку ПЛК є використання процесорних модулів різної потужності для одного конструктиву контролера. Це дає змогу отримати серію контролерів різної потужності та цим покрити більший сегмент ринку, а також виконати модернізацію контролерів, придбаних споживачами, шляхом заміни всього одного модуля.

До основних характеристик процесорного модуля належать:

- тип операційної системи (Windows CE, Linux, DOS, OS-9, QNX та ін.);

- типи підтримуваних інтерфейсів (RS-232, RS-422, RS-485, CAN, USB, Ethernet та ін.);
- типи підтримуваних мереж (Modbus RTU, Modbus TCP, Ethernet, Profibus, CANopen, DeviceNet та ін.);
- можливість підключення пристроїв індикації або інтерфейсу оператора (світлодіодного або рідкокристалічного індикатора, клавіатури, миші, дисплея з інтерфейсами VGA, DVI або CMOS, LVDS, трекболу та ін.);
- розрядність (8, 16, 32 або 64 біти);
- тактова частота мікроконтролера та пам'яті;
- час виконання команд;
- обсяг, ієрархія та типи пам'яті (ОЗП, кеш, ПЗП-флеш, знімна флеш та ін.);
- типи вбудованих функцій (ПІД-регулятор, лічильники, широтно-імпульсний модулятор, алгоритми позиціонування та керування рухом та ін.);
- бренд виробника (Intel, AMD, Atmel, Motorola, АКУТЕК та ін.).

Швидкодію процесорного модуля ПЛК зазвичай оцінюють за часом виконання логічних команд, оскільки вони найбільш поширені під час реалізації алгоритмів керування.

Величезне розмаїття завдань, що покладаються на ПЛК, і сильна залежність ціни від потужності контролера стали причиною великої різноманітності використовуваних мікроконтролерів – від простих і дешевих 8-розрядних Atmel і Microchip до високопродуктивних мікропроцесорів серії Intel Pentium, зокрема двоядерні та чотириядерні.

Восьмирозрядні мікроконтролери мають попит в автономних ПІД-контролерах і мікро-ПЛК для нескладного алгоритмічного керування верстатами, теплицями, невеликими технологічними апаратами як міжмережеві шлюзи. Їх перевагою є висока надійність, пов'язана з граничною простотою програмного забезпечення.

Стандартними напругами живлення ПЛК є напруги 12, 24 і 48 В. Джерелом електричної енергії зазвичай є промислова мережа 220 В, 50 Гц. У розподілених системах автоматизації джерело живлення може бути розташоване далеко від ПЛК, тому напруга на клеммах ПЛК або модулів введення-виведення може сильно відрізнятися від напруги джерела живлення внаслідок спаду напруги на опорі кабелю. Для розв'язання цієї проблеми кожен ПЛК або кожен модуль віддаленого введення забезпечуються вбудованим стабілізатором напруги, який забезпечує нормальне їх функціонування в діапазоні напруги від 10 до 30 В.

Низька напруга живлення дає змогу жити контролери від акумуляторів бортових мереж транспортних засобів або переносних акумуляторів.

У ПЛК іноді використовують батарею для живлення годинника реального часу (який має функціонувати за умови вимкненого ПЛК) і для збереження інформації в ПЗП на час аварійних збоїв живлення.

1.3 Цикл роботи ПЛК

Завдання керування потребують безперервного контролю стану об'єкта. У цифрових пристроях безперервність досягається за допомогою дискретних алгоритмів, повторюваних через досить малі проміжки часу. Таким чином, обчислення, які виконує ПЛК, завжди повторюються циклічно.

Одна ітерація, котра містить вимірювання, розрахунок і видання на об'єкт керування керівних впливів, називається робочим циклом ПЛК.

Після подавання на ПЛК напруги живлення відбувається:

- самотестування;
- налаштування;
- очищення ОЗУ;
- контроль прикладної програми.

Якщо прикладну програму збережено в пам'яті, то ПЛК здійснює основну роботу, що передбачає послідовність дій, які входять до робочого циклу. Цикл ПЛК складається з таких фаз:

1 Початок циклу. Зчитування стану входів, запис в ОЗУ. Створюється миттєва картина значень входів.

2 Обчислення станів виходів за програмою та запис їх в ОЗУ. Програма працює зі значеннями входів, записаними в ОЗУ.

3 Обслуговування апаратних ресурсів (самотестування, забезпечення роботи таймерів і годинника реального часу, індикація станів).

4 Монітор системи виконання (керування послідовністю виконання завдань та її відображення, контроль часу циклу ПЛК).

5 Встановлення всіх виходів у потрібний стан (видання керівних впливів на об'єкт).

Час циклу може бути синхронізований із періодом змінної напруги мережі, наприклад з максимальним миттєвим значенням змінної напруги. Однак найчастіше використовується спеціальний генератор імпульсів.

Значення входів не можуть бути змінені протягом одного циклу роботи ПЛК. Це фундаментальний принцип побудови ПЛК, що унеможливорює неоднозначність алгоритму оброблення даних. Крім того, зчитування копії входів з ОЗП виконується значно швидше, ніж безпосереднє зчитування входів з об'єкта (яке також можливе).

Загальна тривалість циклу роботи ПЛК називається часом сканування. Час сканування визначається головним чином тривалістю оброблення програми. Ця тривалість може бути різною та залежить від складності програми. Час, протягом якого відбуваються інші фази, є сталою

величиною. Час від зміни стану об'єкта керування до видання керівних впливів на об'єкт називається часом реакції.

Якщо зміна параметрів об'єкта відбулася безпосередньо перед зчитуванням входів, час реакції буде найменшим і збігатиметься із часом сканування. Час реакції буде найбільшим, якщо зміни об'єкта відбудуться відразу після зчитування входів. У цьому випадку час реакції дорівнює подвоєному часу сканування без часу для зчитування входів. Корекція виходів відбувається лише наприкінці наступного циклу (рисунк 1.2). Однак це не призводить до проблем, оскільки час сканування незначний і протягом наступного такту виходи будуть скориговані.



Рисунок 1.2 – Цикл роботи ПЛК і час реакції

У прикладній програмі ПЛК не має бути нескінченних циклів. В іншому випадку стан виходів не буде визначено, а нормальну роботу ПЛК буде порушено. Через це існує контроль часу робочого циклу, реалізований у вигляді так званого сторожового таймера. Сторожовий таймер являє собою лічильник, який підраховує імпульси тактового генератора і в нормальному режимі періодично перезавантажується («Скидання») процесором, що працює. Якщо процесор «зависає», то сигнали «Скидання» не надходять у лічильник, лічильник продовжує рахувати і, досягнувши певний поріг, генерує сигнал «Скидання» для перезавантаження процесора, що «завис». Отже, якщо програма користувача виконується довше за встановлений поріг, її виконання буде перервано. Таким чином,

встановлено захист від помилок у програмі та від «зависання» через апаратні збої.

Далі буде розглянуто ПЛК виробництва ТОВ АКУТЕК (попередня назва ВО ОВЕН) – провідного виробника засобів контролю й автоматизації в Україні. З'явившись на українському ринку у 2007 році, компанія продовжує стрімко розвиватися. Серед її продукції:

- вимірювачі-регулятори;
- пристрої контролю та керування;
- програмовані реле;
- ПЛК;
- сенсорні панельні контролери;
- панелі оператора;
- модулі введення / виведення;
- блоки живлення та пристрої комутації;
- датчики;
- програмне забезпечення.

Компанія АКУТЕК випускає кілька лінійок ПЛК з потужними апаратними ресурсами, широкими обчислювальними та програмними можливостями, великим обсягом пам'яті та розвиненою структурою інтерфейсів. Завдяки цим конкурентним перевагам ПЛК виробництва АКУТЕК широко застосовуються на підприємствах вітчизняної промисловості.

2 ПРОГРАМОВАНІ ЛОГІЧНІ КОНТРОЛЕРИ ВИРОБНИЦТВА ТОВ АКУТЕК

2.1 Програмовані логічні контролери ПЛК110[M02]

ПЛК110[M02] – це лінійка програмованих моноблокових контролерів із вбудованими дискретними входами/виходами для автоматизації середніх систем. Ці ПЛК є оптимальними для побудови систем автоматизації середнього рівня та розподілених систем керування. Зовнішній вигляд ПЛК110[M02] показано на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд контролера лінійки ПЛК110[M02]

Контролери ПЛК110[M02] можуть застосовуватися для створення розподілених систем керування та диспетчеризації з використанням як дротових, так і бездротових технологій:

- у системах опалення, вентиляції та кондиціювання повітря;
- у сфері житлово-комунального господарства;
- для керування харчопереробними та пакувальними апаратами;
- для автоматизації торговельного обладнання;
- у сфері виробництва будівельних матеріалів;
- для керування невеликими верстатами та механізмами.

Перевагами цих ПЛК є:

- наявність вбудованих дискретних входів / виходів;
- можливість ведення архіву роботи обладнання;

- просте та зручне програмування в системі CODESYS через порти USB Device, Ethernet, RS-232 Debug;
- передавання даних на верхній рівень автоматизації через Ethernet або GSM-мережі (GPRS);
- чотири послідовні порти (RS-232, RS 485);
- наявність двох варіантів виконання для напруги живлення 220 або 24 В.

У таблиці 2.1 наведені основні технічні характеристики контролерів лінійки ПЛК110[M02].

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики контролерів лінійки ПЛК110[M02]

Параметр	ПЛК110- Х.30[М02]	ПЛК110- Х.32[М02]	ПЛК110- Х.60[М02]
Кількість входів (із них швидкодійних)	18 (2)	18 (2)	36 (4)
Кількість лічильників	2	2	4
Кількість виходів	12	14	24
Кількість портів			
RS-485	2	1	2
RS-232	1	1	1
RS-232-Debug	1	1	1
Ethernet 100 Base-T	1	1	1
Живлення			
Номінальна напруга живлення, В: ПЛК110-24.Х[М02] ПЛК110-220.Х[М02]	12 або 24 110 або 220		
Споживана потужність, не більше, Вт: ПЛК110-24.Х[М02] ПЛК110-220.Х[М02]	28 41		31 45
Параметри вбудованого джерела живлення: ПЛК110-24.Х[М02] ПЛК110-220.Х[М02]	Вихідна напруга дорівнює вхідній напрузі на клеммах живлення ПЛК, струм не більше 630 мА Вихідна напруга 24 В ± 4 %, струм не більше 400 мА		
Цифрові (дискретні) входи			
Напруга «логічного нуля», В	-3...5		

Продовження таблиці 2.1

Параметр	ПЛК110- Х.30[М02]	ПЛК110- Х.32[М02]	ПЛК110- Х.60[М02]
Максимальний струм «логічного нуля», мА	2		
Напруга «логічної одиниці», В	15...30		
Максимальний струм «логічної одиниці», мА	9		
Мінімальна тривалість імпульсу, який сприймається дискретним входом			
для звичайних входів, мс	1,6		
для швидкодійних входів, мкс	5		
Вхідні пристрої, які підмикаються	– комутаційні пристрої (контакти кнопок, вимикачів, герконів, реле тощо); – тридротові датчики, які мають на виході транзистор ррп- або ррр-типу з відкритим колектором; – дискретні сигнали з напругою від -3 до 30 В		
Дискретні виходи (контакти електромагнітних реле ПЛК110-Х.Х.Р)			
Максимальний струм, комутований контактами реле, не більше, А	3		
Час перемикання контактів реле, мс	10		
Сумарний максимальний струм навантаження групи реле, А			
COM1 – COM2	3	3	3
COM3	3	12	3
COM4	3	12	3
COM5	12	12	2,5
COM6	12	-	6
COM7 – COM10	-	-	12
Механічний ресурс реле	– не менше 300 000 циклів перемикання за умови максимального комутованого навантаження; – не менше 500 000 циклів перемикання за умови комутації навантаження, що є меншим за половину від максимального		
Дискретні виходи (транзисторні ключі ПЛК110-Х.Х.К)			
Максимальний струм транзисторного виходу, не більше, мА	400		

Продовження таблиці 2.1

Параметр	ПЛК110- Х.30[М02]	ПЛК110- Х.32[М02]	ПЛК110- Х.60[М02]
Час перемикання транзисторного виходу: — для звичайних виходів, мс — для швидкодійних виходів, мс		5 0,2	

На рисунках 2.2 і 2.3 зображено схеми розміщення виводів контролерів *ПЛК110-24.30.Р* і *ПЛК110-220.30.К* відповідно.

На рисунку 2.4 показано варіанти схеми під'єднання контактних датчиків до дискретних входів контролерів лінійки ПЛК110.

На рисунку 2.5 зображено схему під'єднання датчиків, які мають на виході транзисторний ключ, до дискретних входів контролерів лінійки ПЛК110.

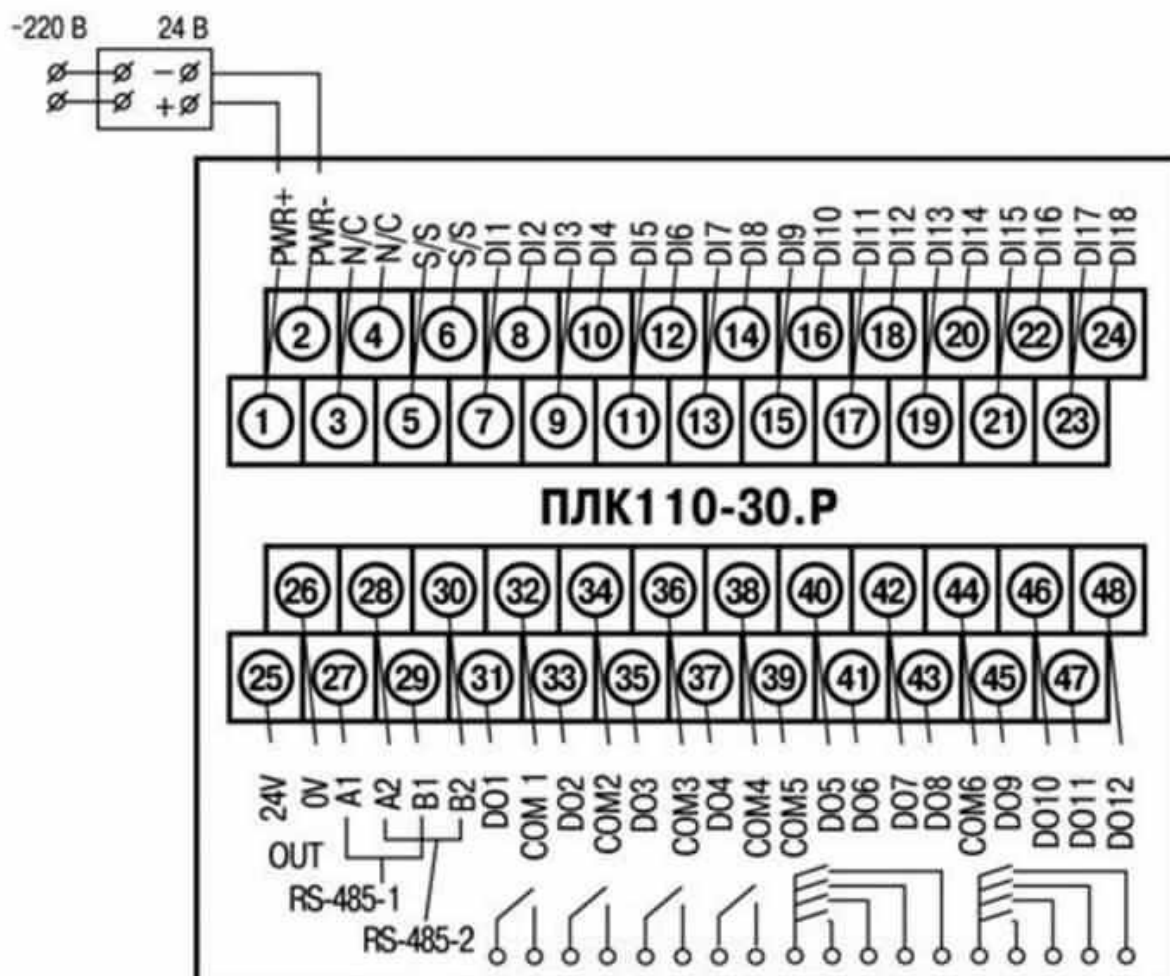


Рисунок 2.2 – Розміщення виводів контролера ПЛК110-24.30.Р

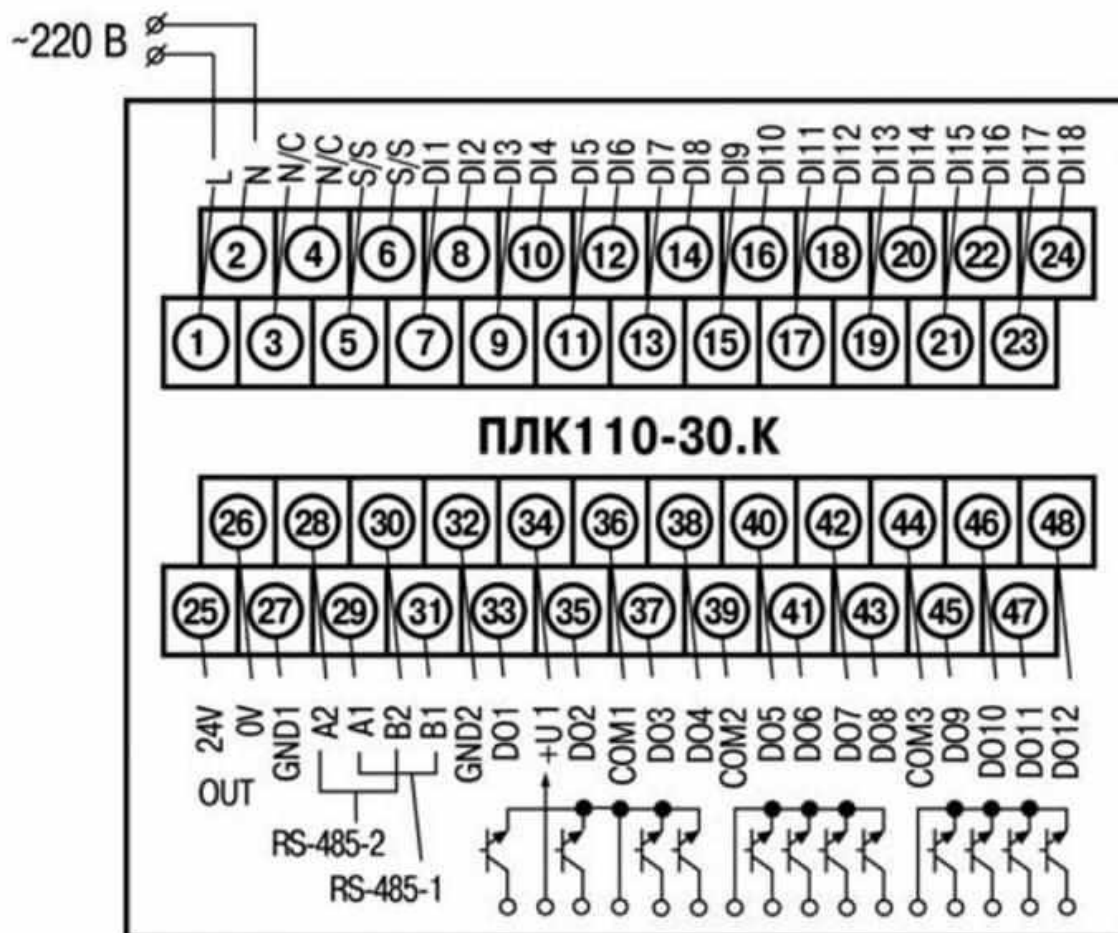


Рисунок 2.3 – Розміщення виводів контролера ПЛК110-220.30.K

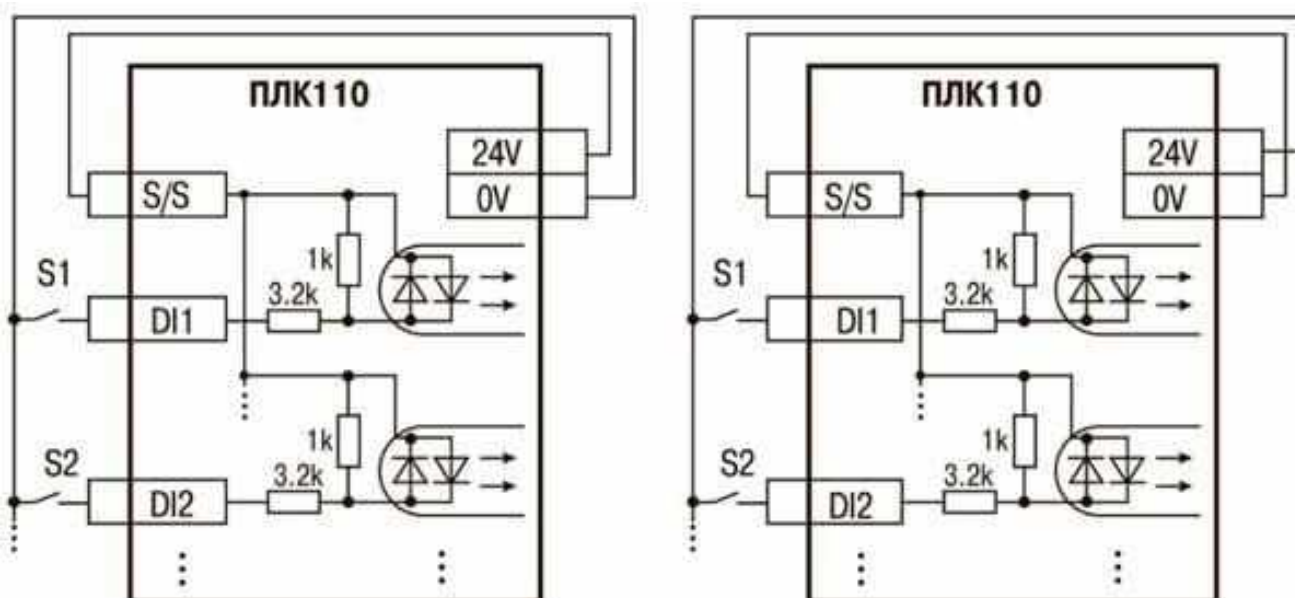


Рисунок 2.4 – Варіанти схеми підімкнення контактних датчиків до дискретних входів контролерів лінійки ПЛК110

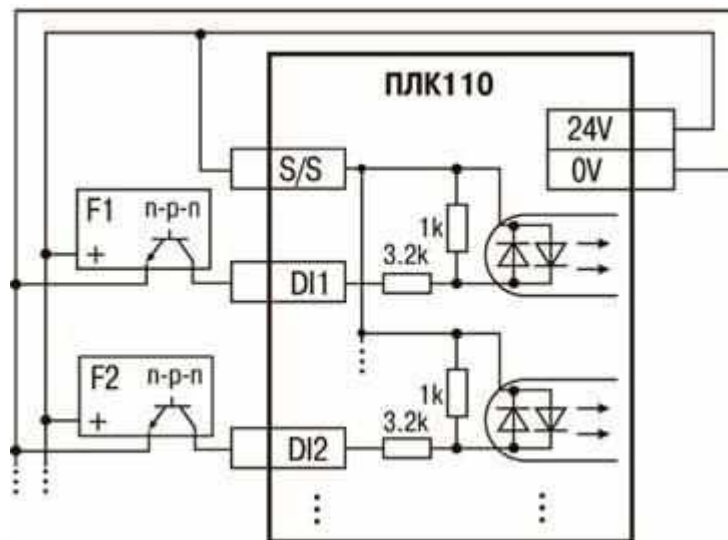


Рисунок 2.5 – Схема підімкнення датчиків, які мають на виході транзисторний ключ, до дискретних входів контролерів лінійки ПЛК110

2.2 Програмовані логічні контролери ПЛК210

ПЛК210 – нова лінійка моноблокових контролерів із розширеними комунікаційними можливостями і додатковими функціями надійності.

Зовнішній вигляд ПЛК210 показано на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд ПЛК210

Перевагами ПЛК210 є:

- висока продуктивність, завдяки використанню мікроконтролера ARM® Cortex-A8 з тактовою частотою 800 МГц;
- великий обсяг пам'яті;
- підтримка швидких входів / виходів;
- розширені комунікаційні можливості, завдяки підтримці промислових протоколів Modbus RTU/ASCII/TCP, OPC UA (Server), MQTT;
- зручний Web-інтерфейс для налаштування і діагностики контролера;
- підвищена надійність завдяки подвійному введенню живлення;
- можливість експлуатації в жорстких умовах.

Основними галузями застосування ПЛК210 є:

- деревообробна промисловість;
- водопостачання та водовідведення;
- машинобудування та металооброблення;
- житлово-комунальне господарство;
- енергетика;
- автоматизація будівель.

На рисунку 2.7 зображено типову схему застосування контролера ПЛК210.

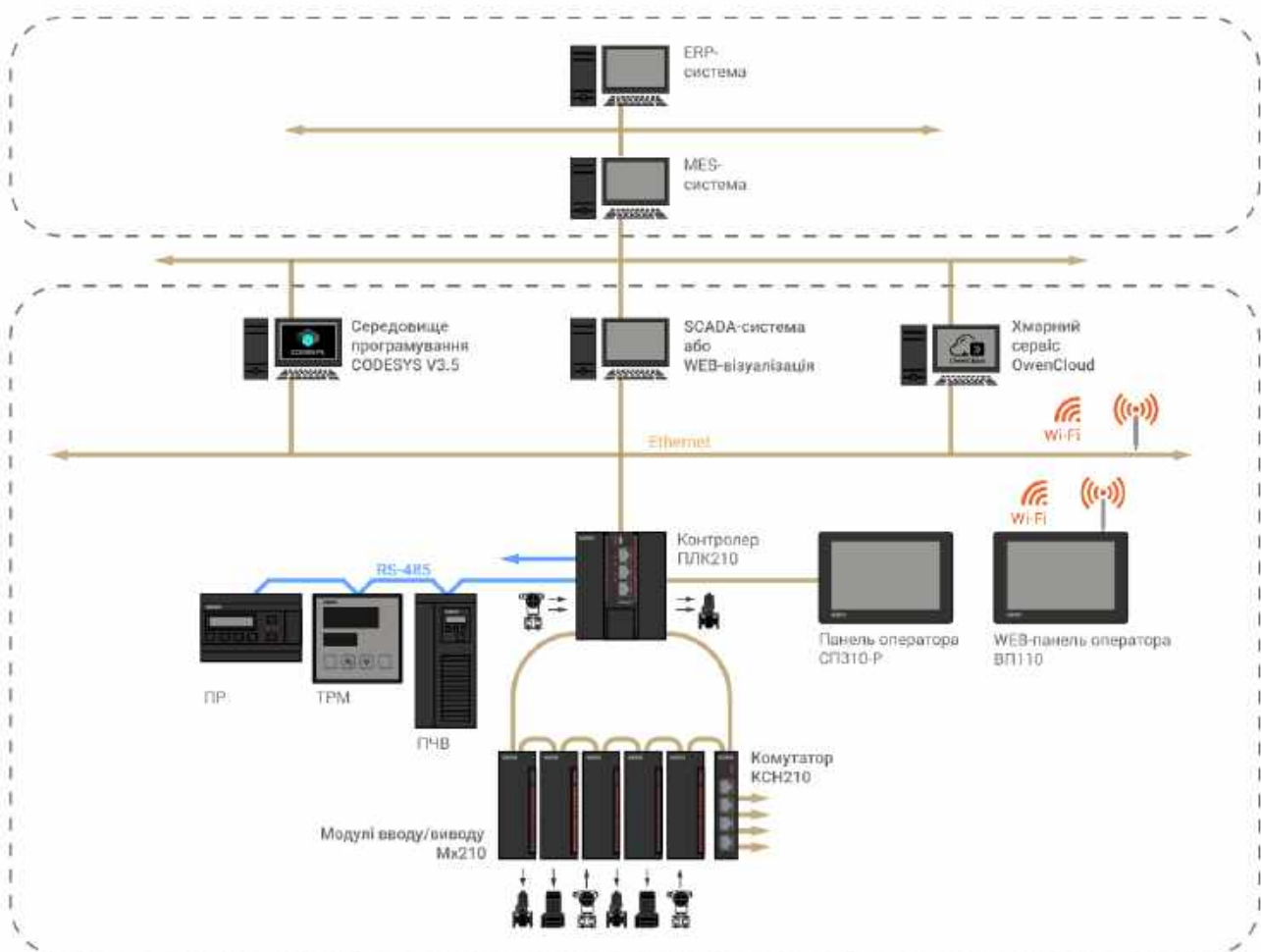


Рисунок 2.7 – Типова схема застосування контролера ПЛК210

Основні технічні характеристики контролера ПЛК210 наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики контролера ПЛК210

Параметр	Значення
Живлення	
Кількість портів живлення	2 (основний і резервний)
Напруга живлення, В	10...48 (номінальне значення – 24)
Напруга переходу від основного джерела живлення до резервного, В	6...9
Споживана потужність, не більше, Вт	16
Обчислювальні ресурси	
Тактова частота мікроконтролера, МГц	800
Обсяг флеш-пам'яті, МБ	512
Обсяг оперативної пам'яті, МБ	256
Обсяг Retain-пам'яті, кБ	64
Час виконання порожнього циклу, мс	3
Інтерфейси зв'язку	
Ethernet 100 Base-T	
Кількість портів	4
Підтримувані промислові протоколи	Modbus-TCP, OPC UA, MQTT
Підтримувані прикладні протоколи	NTP, FTP, HTTP, HTTPS, SSH
RS-485	
Кількість портів	2
Підтримувані протоколи	Modbus RTU, Modbus ASCII, OBEH
Можливі швидкості обміну даними, біт/с	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200
RS-232	
Кількість портів	1
Підтримувані протоколи	Modbus RTU, Modbus ASCII, OBEH
Можливі швидкості обміну даними, біт/с	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200
USB Device	
Кількість портів	1
Підтримувані протоколи	CODESYS Gateway, FTP, HTTP, HTTPS, SSH

Продовження таблиці 2.2

Параметр	Значення
Дискретні входи	
Максимальний струм «логічної одиниці», мА	5,5
Максимальний струм «логічного нуля», мА	1,2
Напруга «логічної одиниці», В	9...30
Напруга «логічного нуля», В	0...5,5
Мінімальна тривалість імпульсу, що сприймається входом, мс	3
Максимальна частота вхідного сигналу, Гц	300
Дискретні виходи типу «електромагнітне реле»	
Тип контакту	нормально розімкнутий
Режими роботи	перемикання логічного стану, генерація ШІМ-сигналу, генерація заданої кількості імпульсів
Максимальний струм комутації, А: для змінної напруги для постійної напруги	5 3
Максимальна напруга на контакти реле, В: змінна постійна	264 30
Мінімальний струм комутації, мА	10
Час перемикання контактів реле, мс	10
Дискретні виходи типу транзисторний ключ	
Режими роботи	перемикання логічного стану, генерація ШІМ-сигналу, генерація заданої кількості імпульсів
Напруга живлення виходів, В	10...36
Максимальний постійний струм навантаження, А	0,85
Максимальна частота вихідного сигналу: для звичайних виходів, Гц для швидкодійних виходів, кГц	300 60
Мінімальна тривалість вихідного сигналу: для звичайних виходів, мс для швидкодійних виходів, мкс	3 5

На рисунку 2.8 зображено розміщення виводів контролера ПЛК210 (модифікація 04).

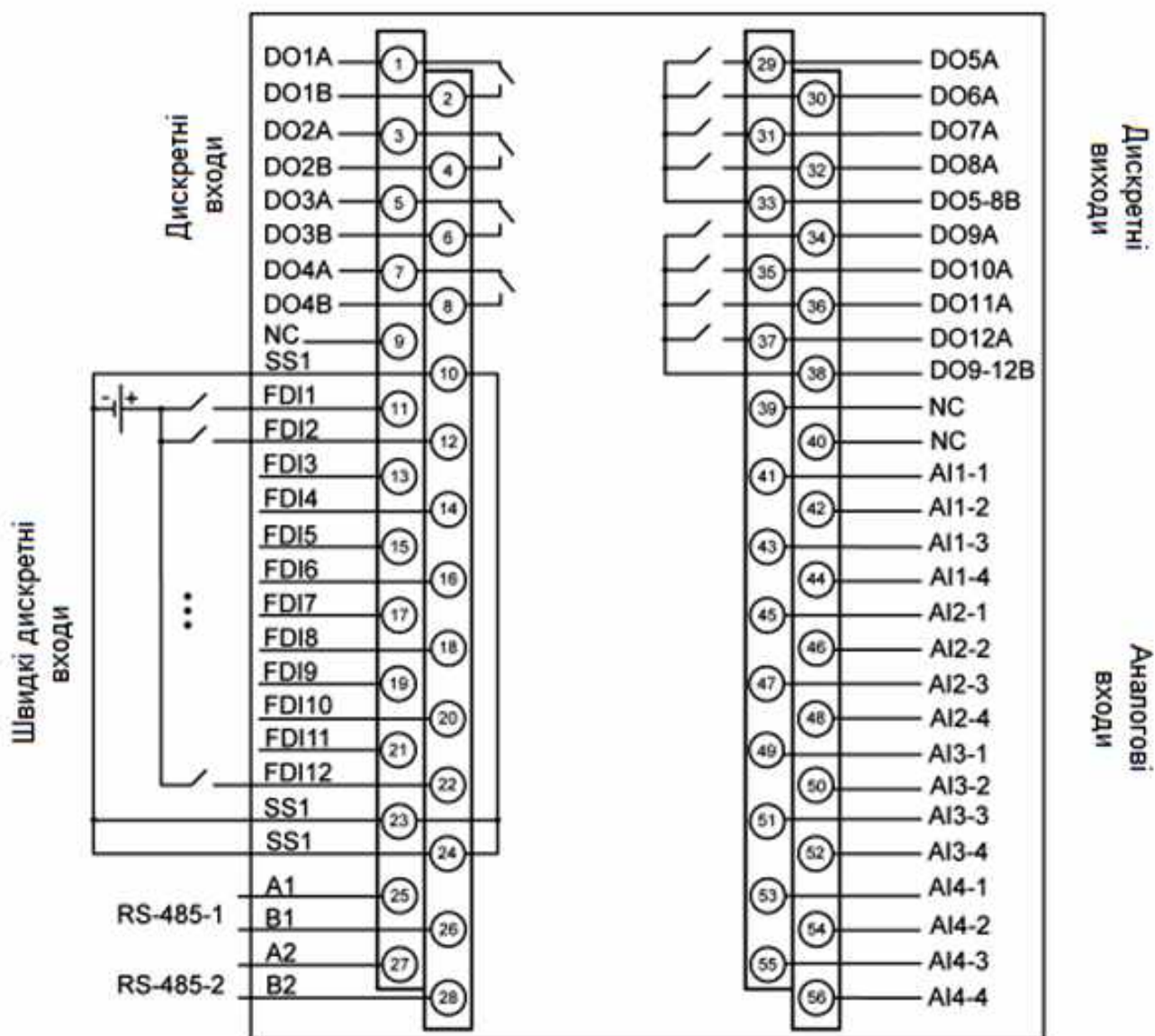


Рисунок 2.8 – Розміщення виводів контролера ПЛК210 (модифікація 04)

Схеми підключення контактних датчиків, а також датчиків, які мають на виході транзисторний ключ, до дискретних входів контролера ПЛК210 збігаються з аналогічними схемами для контролера ПЛК110 (див. рисунки 2.4 і 2.5).

На рисунках 2.9–2.12 зображено схеми підключення до аналогових входів контролера ПЛК210 (модифікація 04) датчиків температури (термометра опору і термопари) і датчиків з уніфікованими вихідними сигналами напруги та струму.

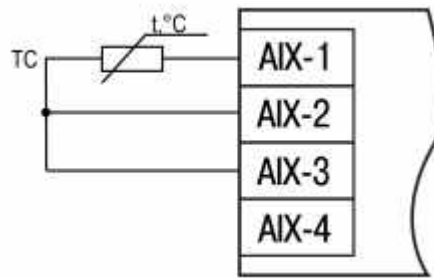


Рисунок 2.9 – Трипровідна схема під'єднання термометра опору до аналогового входу контролера ПЛК210 (модифікація 04)

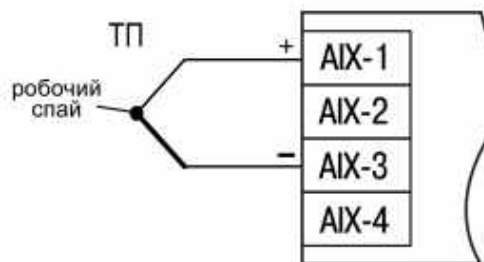


Рисунок 2.10 – Схема під'єднання термопари до аналогового входу контролера ПЛК210 (модифікація 04)

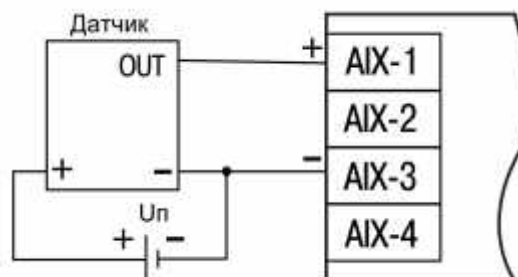


Рисунок 2.11 – Схема під'єднання датчика з уніфікованим вихідним сигналом напруги до аналогового входу контролера ПЛК210 (модифікація 04)

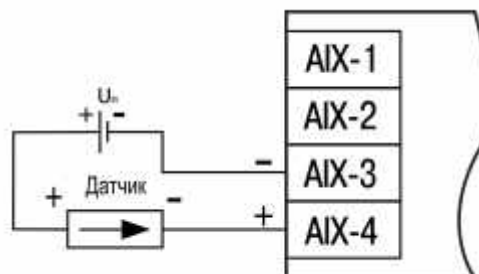


Рисунок 2.12 – Схема під'єднання датчика з уніфікованим вихідним сигналом струму до аналогового входу контролера ПЛК210 (модифікація 04)

2.3 Програмований логічний контролер ПЛК63

ПЛК63 – контролер з людинно-машинним інтерфейсом для локальних систем автоматизації. Зовнішній вигляд ПЛК63 показано на рисунку 2.13.



Рисунок 2.13 – Зовнішній вигляд ПЛК63

Перевагами цього ПЛК є:

- наявність дворядкового знакосинтезувального дисплея;
- можливість замовлення модифікацій із вибором дискретних або аналогових виходів;
- вбудовані інтерфейси RS-485, RS-232;
- вбудований годинник реального часу;
- можливість розширення шляхом підключення модулів введення / виведення;
- збільшення кількості дискретних виходів шляхом підключення модуля MP1.

Основні галузі застосування ПЛК63:

- житлово-комунальне господарство;
- централізовані й індивідуальні теплові пункти;
- котельні;
- невеликі промислові установки.

Основні технічні характеристики контролера ПЛК63 наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики контролера ПЛК63

Параметр	Значення
Живлення	
Напруга живлення, В: – постійного струму – змінного струму (47...63 Гц)	150...300 90...264
Споживана потужність, не більше, Вт – для постійного струму – для змінного струму	12 18
Параметри вбудованого вторинного джерела живлення: – вихідна напруга, В – струм навантаження, не більше, мА	24 ± 3 180
Обчислювальні ресурси	
Тактова частота мікроконтролера, МГц	50
Обсяг флеш-пам'яті, кБ	448
Обсяг оперативної пам'яті, кБ	10
Обсяг пам'яті зберігання програм, кБ	280
Інтерфейси зв'язку	
Інтерфейси	RS-485, DEBUG RS-232 (RJ-11)
Протоколи	ОБЕН, Modbus RTU/ASCII, GateWay (протокол CODESYS)
Аналогові входи	
Кількість універсальних анал. входів	8
Типи датчиків, які підмикаються, та вхідних сигналів	Термометри опору, термопари, сигнали струму, напруги, опору
Дискретні входи	
Кількість дискретних входів	8
Гальванічна ізоляція дискретних входів	Групова
Максимальна частота вхідного сигналу, Гц	50
Виходи	
Кількість вихідних елементів	6
Тип вихідного елемента 1	Електромагнітне реле 4 А, 220 В
Можливі типи вихідних елементів 2...6	Р – електромагнітне реле 4 А, 220 В И – ЦАП 4...20 мА У – ЦАП 0...10 В

На рисунку 2.14 зображено функціональну схему контролера ПЛК63.

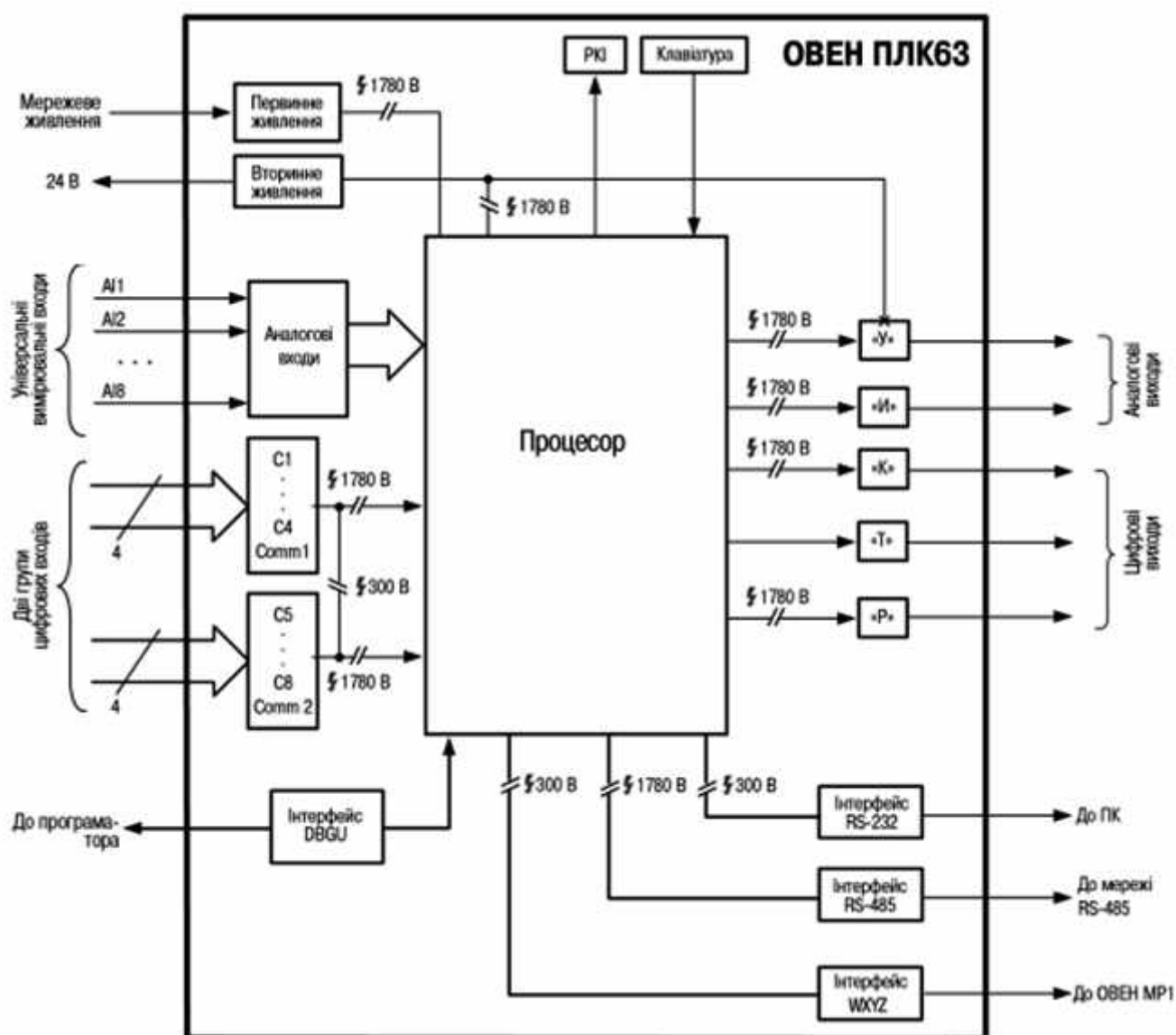


Рисунок 2.14 – Функціональна схема ПЛК63

Схеми підімкнення контактних датчиків, а також датчиків, які мають на виході транзисторний ключ, до дискретних входів контролера ПЛК63 зображено на рисунках 2.15 і 2.16 відповідно.

На рисунках 2.17–2.20 зображено схеми підімкнення до аналогових входів контролера ПЛК63 датчиків температури (термометра опору і термопари) і датчиків з уніфікованими вихідними сигналами напруги та струму.

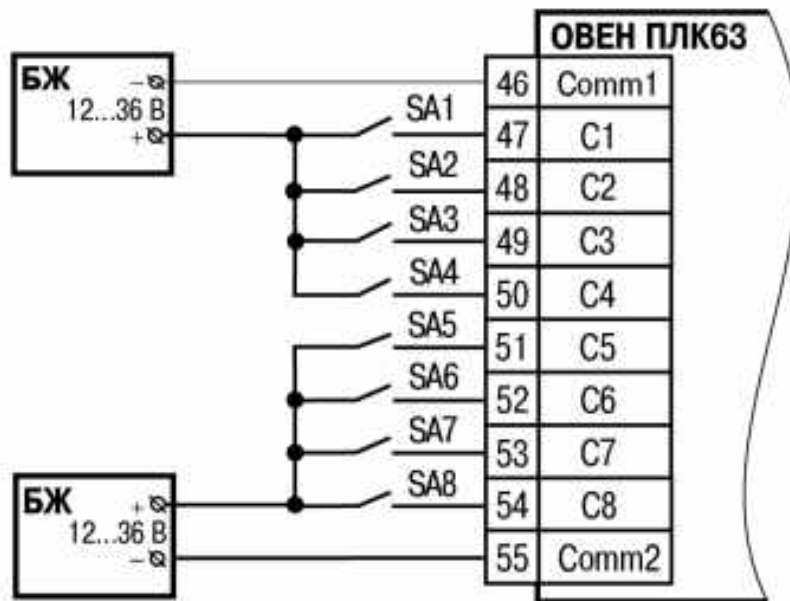


Рисунок 2.15 – Схема підімкнення контактних датчиків до дискретних входів контролера ПЛК63

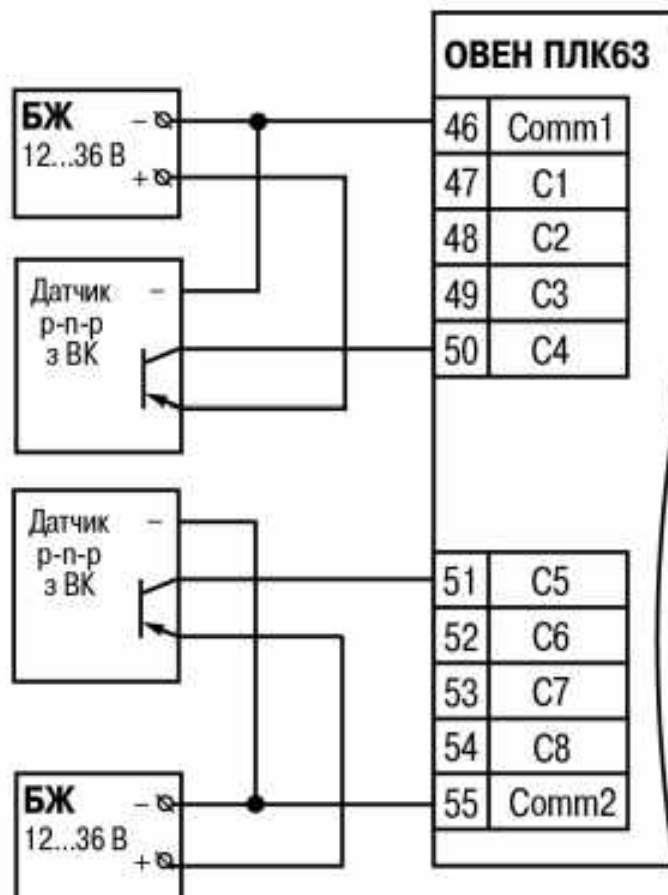


Рисунок 2.16 – Схема підімкнення датчиків, які мають на виході транзисторний ключ, до дискретних входів контролера ПЛК63

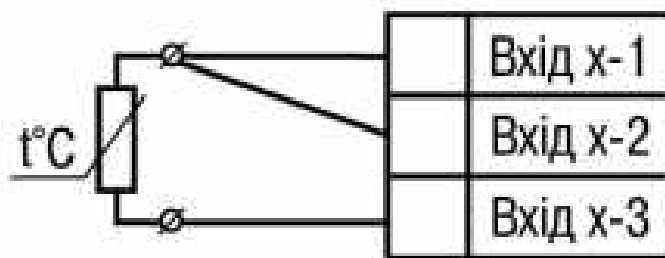


Рисунок 2.17 – Трипровідна схема підімкнення термометра опору до аналогового входу контролера ПЛК63

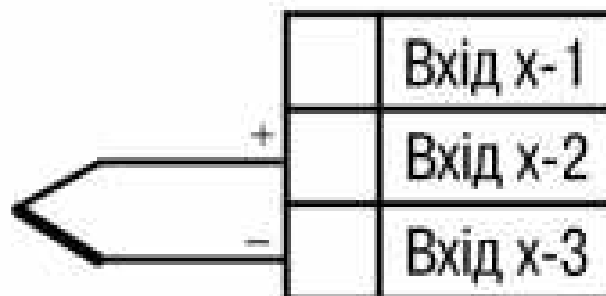


Рисунок 2.18 – Схема підімкнення термопары до аналогового входу контролера ПЛК63

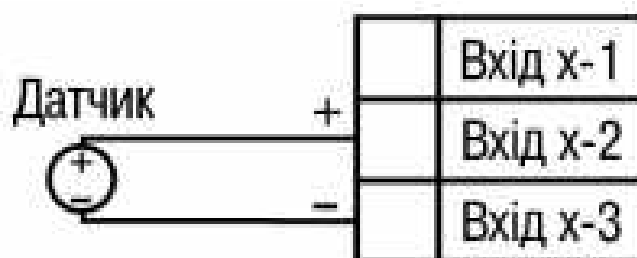


Рисунок 2.19 – Схема підімкнення датчика з уніфікованим вихідним сигналом напруги до аналогового входу контролера ПЛК63

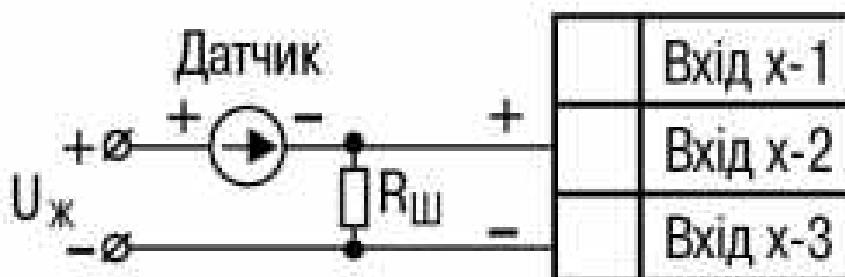


Рисунок 2.20 – Схема підімкнення датчика з уніфікованим вихідним сигналом струму до аналогового входу контролера ПЛК63

2.4 Програмований логічний контролер ПЛК150

ПЛК150 – моноблоковий програмований логічний контролер із дискретними й аналоговими входами / виходами. Цей ПЛК може перетворювати вхідні аналогові та дискретні сигнали, а також формувати аналогові й цифрові керівні сигнали. Контролер ПЛК150 використовується для побудови систем керування малими та середніми об'єктами автоматизації, а також створення систем диспетчеризації.

Особливості контролера ПЛК150:

- компактний пластиковий корпус із кріпленням для монтажу на DIN-рейку;
- наявність дискретних входів / виходів;
- наявність аналогових входів / виходів;
- послідовні порти обміну даними RS-485 і RS-232;
- наявність порту Ethernet;
- можливість збільшення кількості дискретних та аналогових входів і виходів за допомогою підключення зовнішніх модулів введення / виведення через будь-який з інтегрованих інтерфейсів.

Зовнішній вигляд ПЛК150 показано на рисунку 2.21.



Рисунок 2.21 – Зовнішній вигляд ПЛК150

Конкурентні переваги контролера ПЛК150:

- відсутність операційної системи, що підвищує надійність роботи контролера;
- висока швидкість спрацьовування дискретних входів;
- підтримка роботи із широким спектром аналогових датчиків;
- незалежні один від одного вбудовані інтерфейси: Ethernet, послідовні порти, USB Device (для програмування пристрою);
- розширений робочий діапазон температур навколишнього середовища – від -20 до +70 °C;
- вбудована акумуляторна батарея, що забезпечує резервне живлення для коректного збереження даних у разі раптового зникнення напруги живлення; під час роботи від батареї запускається алгоритм, що переводить вихідні елементи в «безпечний стан»;
- вбудований годинник реального часу, що працює від батареї;
- можлива робота з нестандартними протоколами обміну даними через будь-який із портів, що дає змогу підмикати до контролера лічильники електрики, води і газу, зчитувачі штрих-кодів тощо.

На рисунку 2.22 зображено функціональну схему контролера ПЛК150.

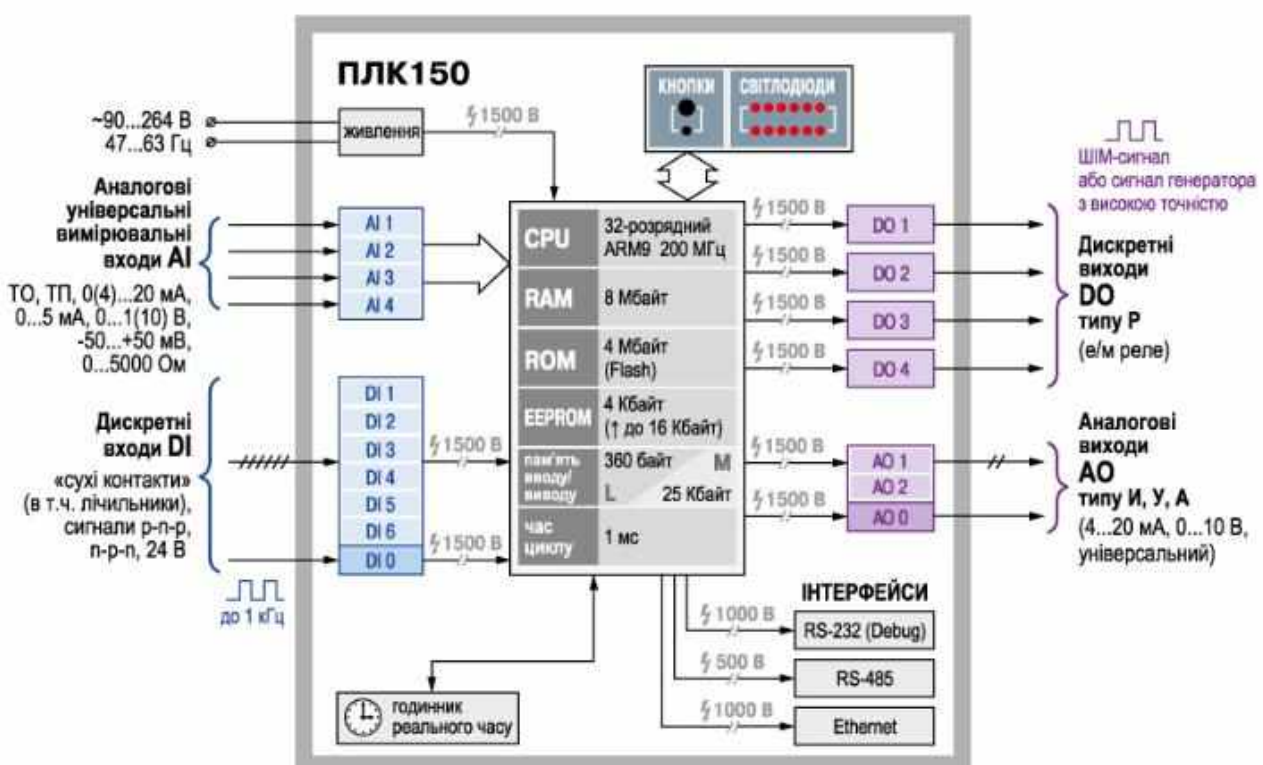


Рисунок 2.22 – Функціональна схема ПЛК150

Основні технічні характеристики контролера ПЛК150 наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики контролера ПЛК150

Параметр	Значення
Живлення	
Напруга живлення змінного струму (47...63 Гц), В	90...264
Споживана потужність, не більше, Вт	6
Обчислювальні ресурси	
Тактова частота мікроконтролера, МГц	200
Обсяг флеш-пам'яті, МБ	4
Обсяг оперативної пам'яті, МБ	8
Обсяг Retain-пам'яті, кБ	4
Інтерфейси зв'язку	
Інтерфейси	Ethernet 100 Base-T, RS-232, RS-485
Протоколи	ОВЕН, Modbus RTU/ASCII, GateWay (протокол CODESYS)
Аналогові входи	
Кількість аналогових входів	4
Типи уніфікованих вхідних сигналів: – напруга, В – струм, мА – опір, кОм	0...1, 0...10, -0,05...0,05 0...5, 4...20 0...5
Типи датчиків, які підмикаються	Термометри опору: ТСМ50М, ТСП50П, ТСМ100М, ТСП100П, ТСН100Н, ТСМ500М, ТСП500П, ТСН500Н, ТСП1000П, ТСН1000Н. Термопари: ТХК (L), ТЖК (J), ТНП (N), ТХА (K), ТПП (S), ТПП (R), ТПР (B), ТВР (A-1), ТВР (A-2)
Розрядність вбудованого АЦП, біт	16
Час опитування одного аналогового входу, с	0,5
Межа основної приведеної похибки вимірювання, %	0,5
Дискретні входи	
Кількість дискретних входів	6
Гальванічна ізоляція дискретних входів	Групова

Продовження таблиці 2.4

Параметр	Значення
Максимальна частота вхідного сигналу, кГц	10
Аналогові виходи	
Кількість аналогових виходів	2
Розрядність ЦАП, біт	10
Тип вихідного сигналу: ПЛК 150 ПЛК 150-У ПЛК 150-А	Струм 4...20 мА Напруга 0...10 В Струм 4...20 мА або напруга 0...10 В
Живлення аналогових виходів	Вбудоване, загальне на всі виходи
Дискретні виходи	
Кількість дискретних виходів	4
Тип дискретних виходів	Електромагнітне реле
Струм комутації, не більше, А	2

На рисунку 2.23 зображено схему підімкнення живлення, дискретних та аналогових входів і виходів контролера ПЛК 150.

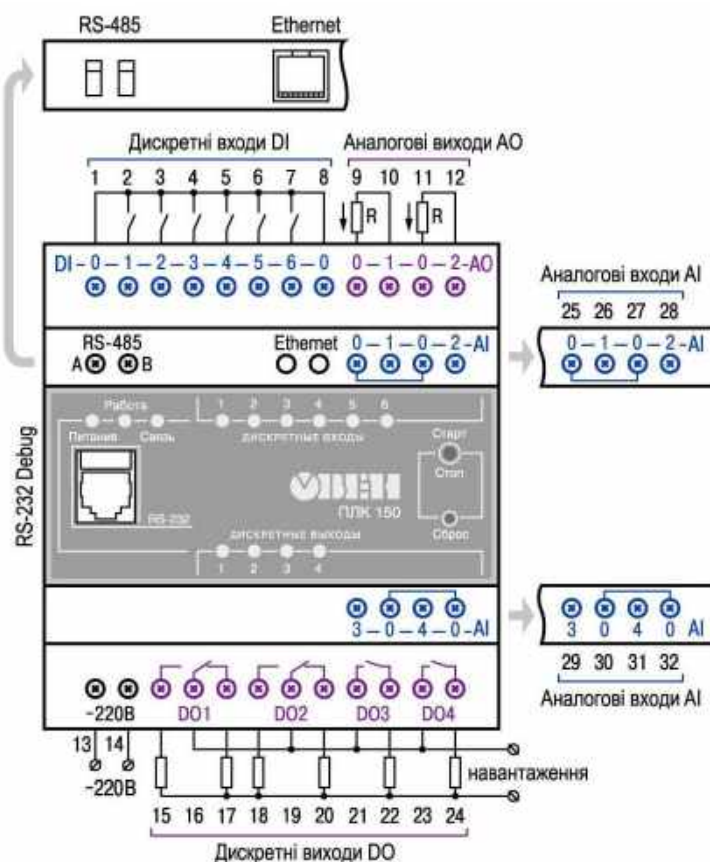


Рисунок 2.23 – Схема підімкнення живлення, дискретних та аналогових входів і виходів контролера ПЛК 150

3 ПРОГРАМУВАННЯ ПРОГРАМОВАНИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ У СЕРЕДОВИЩІ CODESYS

3.1 Основні відомості про програмний комплекс CODESYS

CODESYS (від англ. *COntroller DEvelopment SYstem*) – інструментальний програмний комплекс промислової автоматизації. Основою комплексу CODESYS є середовище розробки прикладних програм для програмованих логічних контролерів (ПЛК). Воно поширюється вільно і може встановлюватись на робочих місцях без обмежень.

У CODESYS для програмування є доступними всі п'ять визначених міжнародним стандартом IEC 61131-3 мов програмування. До таких мов програмування належать три візуальні мови (LD, SFC, FBD), які орієнтовані на інженерів, і дві текстові (IL, ST), орієнтовані на програмістів:

1 *Мова релейно-контактної логіки LD*. Синтаксис мови є зручним для опису логічних схем, виконаних на релейній техніці, й розрахований на ознайомлених з нею інженерів з автоматизації, що працюють на промислових підприємствах. Мова реалізує наочний інтерфейс логіки роботи контролера, який полегшує не лише завдання власне програмування і введення в експлуатацію, але й швидкий пошук несправностей у підімкненому до контролера обладнанні.

Програма керування, написана мовою релейної логіки, має наочний та інтуїтивно зрозумілий інженерам-електрикам графічний інтерфейс, що подає такі логічні операції, як електричні кола із замкнутими та розімкненими контактами. Проходження або відсутність струму в цьому колі відповідає результату логічної операції. Основними елементами мови є контакти, які можна образно уявити у вигляді пари контактів реле або кнопки. Пара контактів ототожнюється з логічною змінною, а стан цієї пари – із значенням цієї змінної.

2 *Мова послідовних функціональних схем SFC*. Це графічна мова, призначена для написання програм послідовного керування технологічним процесом, яка описує процес у формі, близькій до діаграми станів. У кожному стані система виконує дії (підпрограми) з певними модифікаторами.

3 *Мова функціональних блоків FBD*. Програма в ній утворюється із так званих ланцюгів, які виконуються послідовно зверху вниз. Ланцюги можуть мати мітки. Інструкція переходу на мітку дає змогу змінювати послідовність виконання ланцюгів для програмування умов і циклів. Мова FBD проста у вивченні та зручна для прикладних фахівців, які не мають спеціальної підготовки в галузі інформатики. Чітка послідовність виконання приводить до простої внутрішньої структури команд, яка транслюється у швидкий і

надійний код. Існує також модифікація FBD, яка допускає використання тільки чистих функцій з одним виходом, без проміжних станів.

Подальшим розвитком мови FBD є мова CFC (англ. *Continuous Function Chart* – безперервні функціональні схеми) з довільним розміщенням блоків і визначенням порядку їх виконання. Мову CFC буде більш детально розглянуто далі.

4 *Мова IL* (англ. *Instruction List* – список інструкцій). Ця мова за синтаксисом є близькою до мови асемблера. Використовується на виробництві для програмування автоматизованих систем керування технологічними процесами та систем промислової автоматизації.

У основі мови лежить поняття акумулятора як місця зберігання поточного значення (результату) та переходів по мітках. Починається програма із завантаження в акумулятор значення змінної. Подальші кроки програми полягають в отриманні вмісту акумулятора й виконанні над ним обмеженої кількості визначених операцій.

5 *Мова ST* (англ. *Structured Text* – структурований текст). За структурою й синтаксисом є найбільш схожою з мовою програмування *Pascal*. Мова є зручною для написання великих програм і роботи з аналоговими сигналами та числами з рухомою комою.

Основою ST-програми є вирази. Результат обчислення виразу присвоюють змінній за допомогою оператора «:=». Кожний вираз обов'язково має закінчуватись крапкою з комою «;». Вирази будуються із змінних, констант і функцій, розділених операторами.

У момент підключення до контролера середовище програмування переходить у режим настроювання. У ньому доступні моніторинг, змінювання та фіксація значень змінних, точки зупинки, контроль потоку виконання, гаряче оновлення коду, графічне трасування в реальному часі й інші інструменти настроювання.

Для програмування контролера в середовищі CODESYS в нього має бути вбудована система виконання CODESYS SP, яка встановлюється в контролер під час його виготовлення. Існує спеціальний інструмент, що дає змогу адаптувати цю систему до різних апаратних і програмних платформ.

Система виконання реалізує функції операційної системи, здійснюючи обслуговування входів, виходів, комунікаційних інтерфейсів, виклик завдань користувацької програми та перемикання між ними, оброблення помилок, що виникають під час роботи користувацької програми. У разі потреби весь контроль за роботою ПЛК може бути переданий користувацькій програмі (обслуговування переривань, оброблення помилок, керування планувальником завдань тощо).

Для опису можливостей вводу-виводу конкретного ПЛК використовується *target*-файл, який необхідно встановити в середовище розробки для програмування цього типу ПЛК. У цьому файлі описаний

адресний простір вводу-виводу, вектори переривань та інша інформація, що характеризує апаратні можливості ПЛК. Також до комплексу CODESYS входить людинно-машинний інтерфейс CODESYS HMI, який дає змогу створювати нескладні графічні інтерфейси користувача, CODESYS EXI Server – взаємодіяти із системами контролю версій, організовувати багатокористувацький доступ до проєкту та CODESYS SoftMotion, що є набором засобів для керування рухом, – використовувати ПЛК як блок числового програмного керування (ЧПК).

На рисунку 3.1 зображено головне вікно проєкту CODESYS, котре складається з таких областей, як:

- головне меню і панель інструментів;
- область визначення змінних;
- редактор;
- менеджер об'єктів;
- вікно повідомлень;
- рядок статусу.

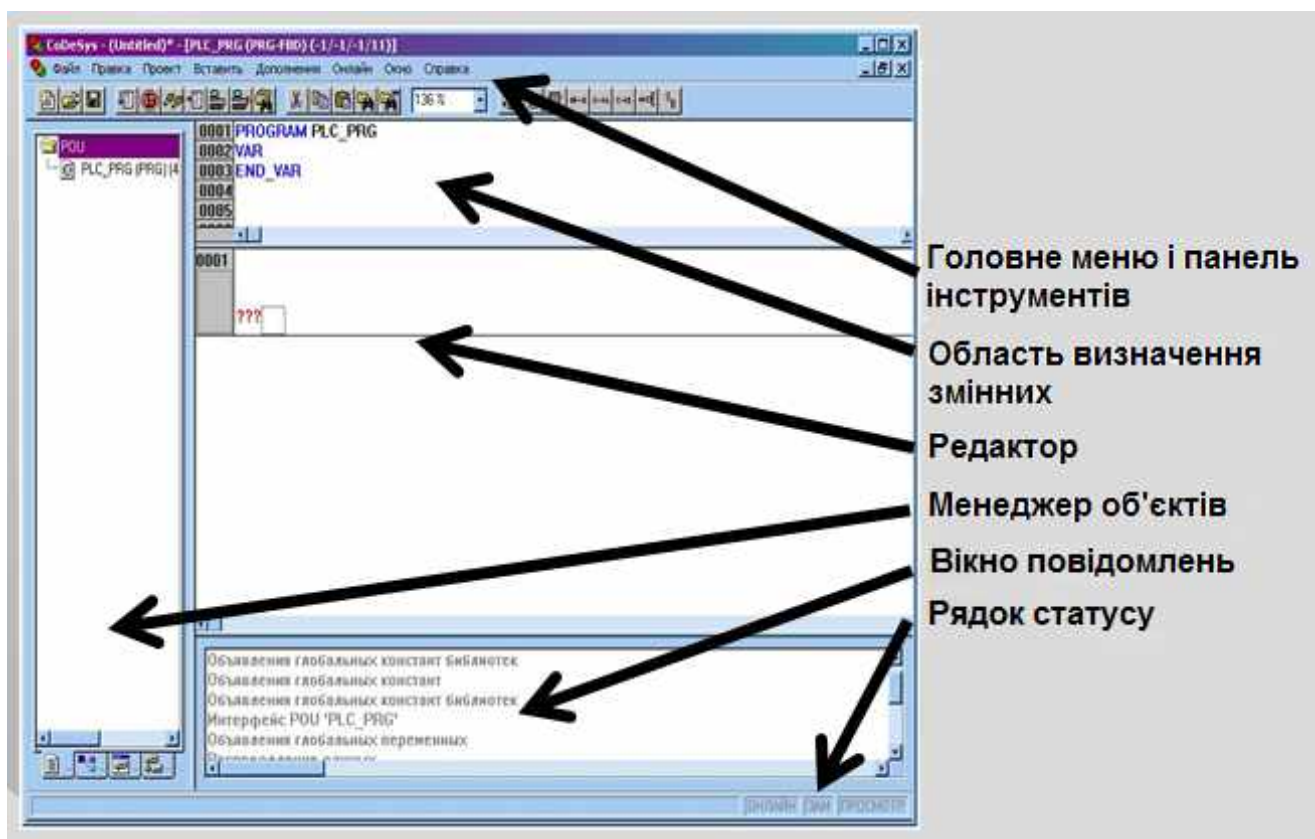


Рисунок 3.1 – Головне вікно проєкту CODESYS

На рисунку 3.2 зображено типову структуру проєкту CODESYS.

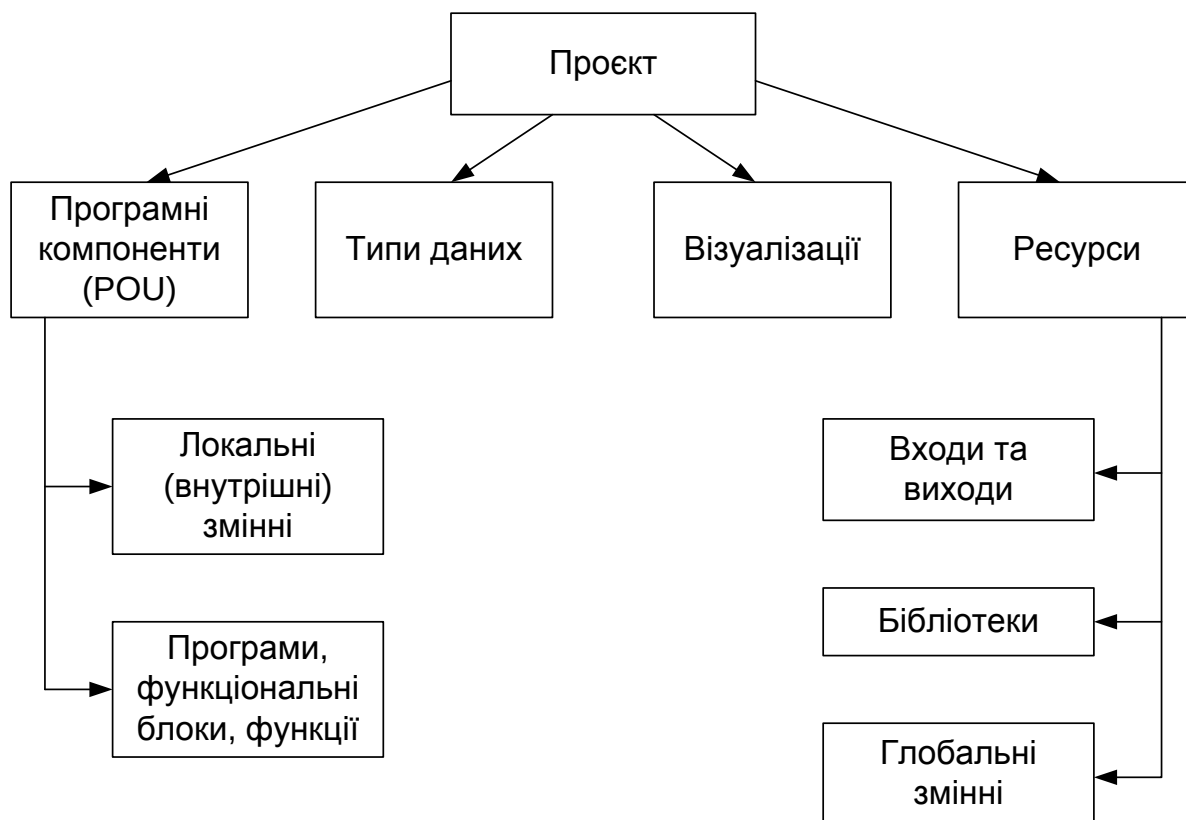


Рисунок 3.2 – Структура проєкту CODESYS

3.2 Конфігурування ПЛК у середовищі CODESYS

Утиліта PLC Configuration (*Конфігуратор ПЛК*) доступна користувачеві на вкладці ресурсів (*Resources*) середовища розробки CODESYS (рисунок 3.3). Конфігуратор є редактором ресурсів ПЛК, котрі стосуються області вводу-виводу, якою програма ПЛК здійснює інформаційний обмін з оточенням. У конфігурації є модулі, що відповідають за структурування областей введення та/або виведення, кожен із яких може містити вкладені піделементи (субмодулі та канали). Для каналів може бути призначено символічні імена.

Початковий вигляд екранної форми редактора конфігурації у вікні CODESYS задається файлом (файлами) конфігурації *.cfg, що розміщується в директорії, визначеній у цільовому файлі (*Target file*) і зчитується під час відкриття проєкту CODESYS.

Вікно редактора конфігуратора ПЛК поділено на дві частини. У лівій частині вікна відображається ієрархічна структура – дерево конфігурації ПЛК. Структура та компоненти дерева можуть змінюватися користувачем CODESYS. У правому вікні відображаються доступні під час роботи користувача діалоги конфігурації у вигляді однієї або кількох табличних вкладок. У цих таблицях задаються значення параметрів елементів конфігурації ПЛК.

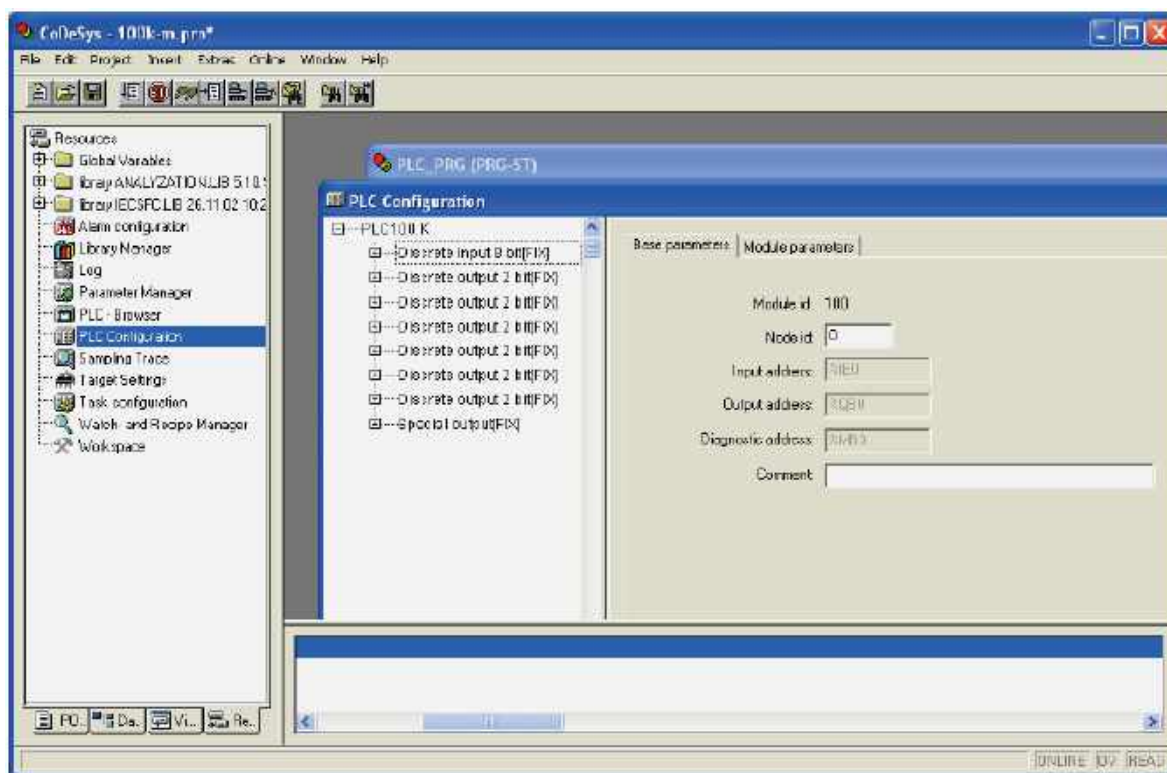


Рисунок 3.3 – Конфігуратор ПЛК

Під час налаштування конфігурації користувач може змінити параметри функціонування ПЛК, встановлені за замовчуванням (рисунок 3.4):

- *мінімальне значення циклу роботи ПЛК, мс (MinCycleLength, ms)* – параметр визначає мінімальний період, з яким ПЛК виконує повний цикл своєї роботи; діапазон значень від 0 до 50 мс, рекомендовані значення – 5...10 мс;
- *максимальне значення циклу роботи ПЛК, мс (MaxCycleLength, ms)* – параметр визначає максимально допустимий час, за який ПЛК виконує повний цикл своєї роботи, у разі перевищення цієї величини під час роботи ПЛК буде примусово перезавантажено; діапазон значень від 1000 до 10000 мс, рекомендоване значення – 1000 мс.

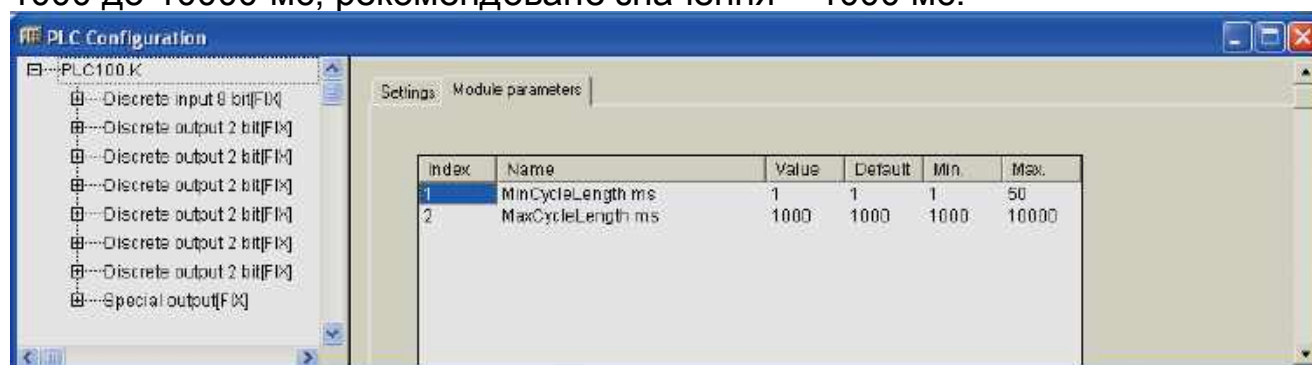


Рисунок 3.4 – Вікно налаштування параметрів роботи ПЛК

Модуль дискретних входів (*Discrete input*) відображає в області введення / виведення значення, які характеризують стани дискретних входів ПЛК. Параметри модуля (рисунок 3.5):

- «час фільтрації» (*Time of filtration*) – діапазон значень від 0 до 10000, значення за замовчуванням – 10 (1 од. = 100 мкс, 10 од. = 1 мс);
- «видимість» (*Visibility*) – задає видимість параметрів модуля в програмі; значення вибираються зі списку «yes» та «no», значення за замовчуванням – «no».

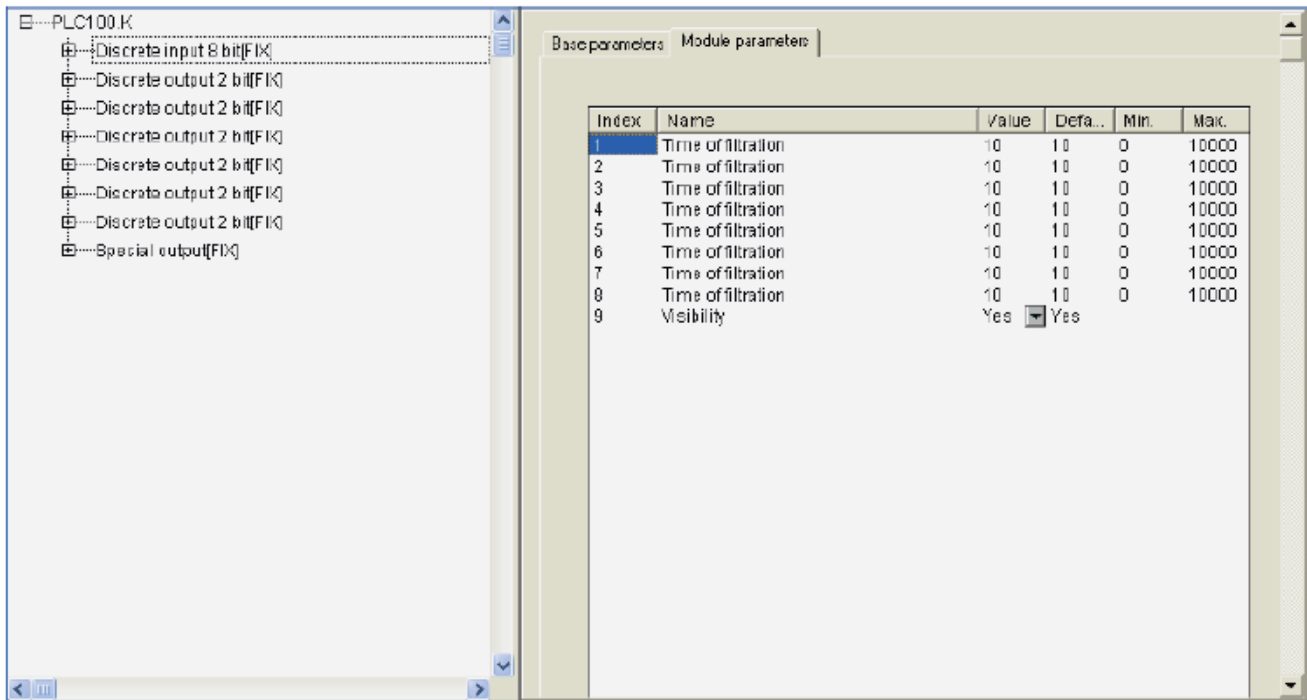


Рисунок 3.5 – Вікно конфігурації модуля дискретних входів

Модулі аналогових входів належать до стаціонарних модулів. Залежно від конкретної моделі ПЛК їх кількість може бути різною. Для них у конфігураторі ПЛК закладено відповідну кількість модулів аналогових входів. Залежно від поставленого завдання можна використовувати різні модулі. Користувач вибирає необхідні модулі функцією контекстного меню *Replace Elements* (рисунок 3.6) із чотирьох можливих варіантів у списку:

- датчик уніфікованого сигналу;
- датчик типу «термопара» (перетворювач термоелектричний);
- датчик типу «термоопір» (термоперетворювач опору);
- контактний датчик.

Модулі призначені для приведення результатів перетворення до значень фізичної величини, вимірюваної датчиком. У кожного типу модулів аналогових входів є як параметри, спільні для всіх типів, так і характерні тільки для конкретного датчика.

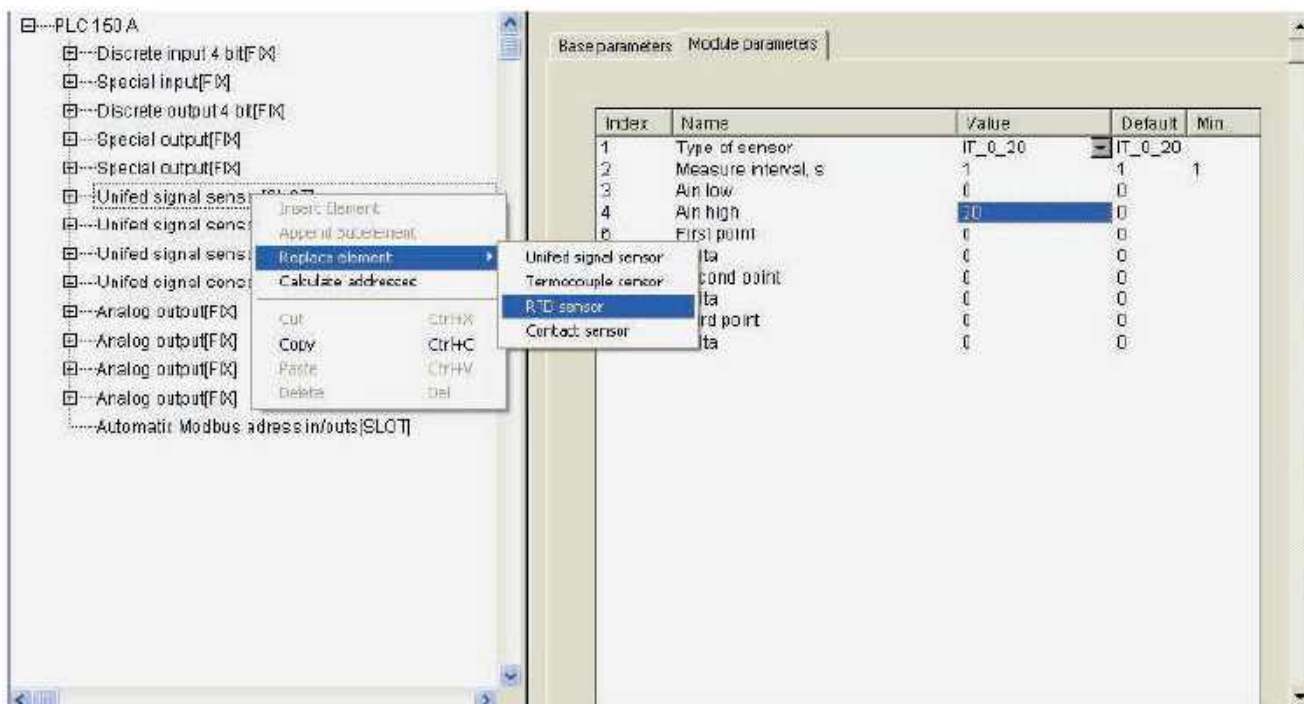


Рисунок 3.6 – Вікно вибору типу модуля аналогового входу

Розглянемо параметри модуля *Датчик типу «термопара»* (рисунок 3.7):

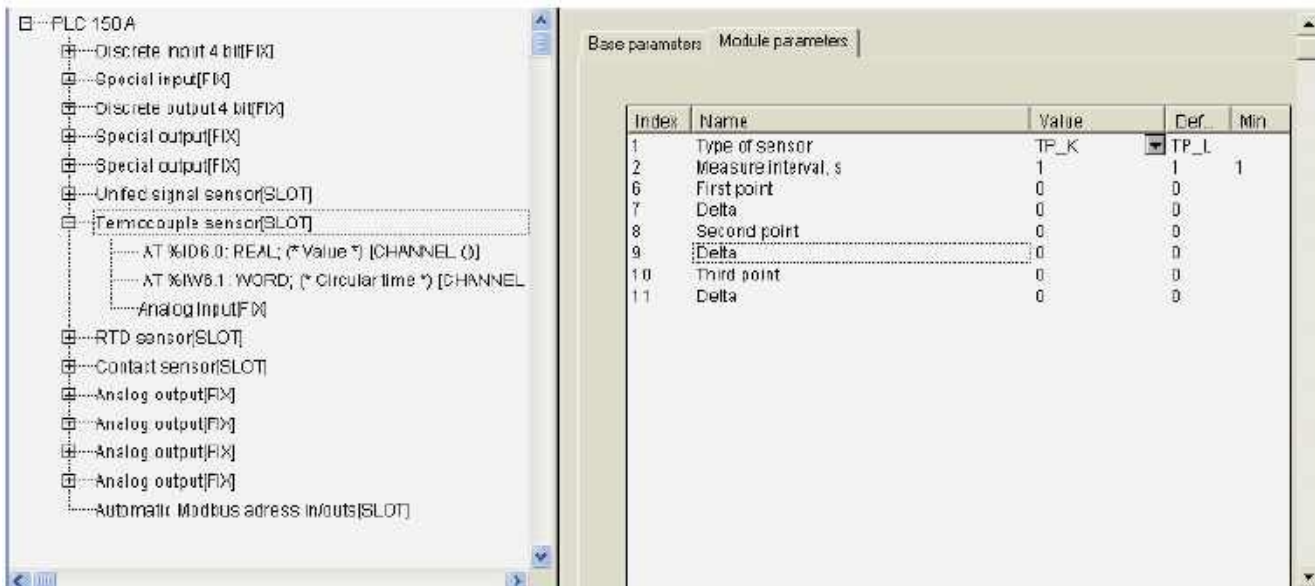


Рисунок 3.7 – Вікно конфігурації аналогового входу «термопара»

– «тип датчика» (*Type of sensor*) – значення вибираються зі списку, що містить можливі типи датчиків, значення за замовчуванням – *TP_L* (термопара ТХК (L) з діапазоном вимірювання $[-200...+800\text{ }^{\circ}\text{C}]$);

- час між вимірюваннями в секундах (*Measure interval, s*) – максимальний час між вимірюваннями не обмежений, значення може бути дробовим, мінімальне значення – 1 с;
- «компенсація холодного спаю» (*Cold junction compensation*) – значення вибираються зі списку «On» (*Увімкнута*) та «Off» (*Вимкнута*), значення за замовчуванням – «On»;
- «нижня та верхня межі» (*Ain low & Ain high*) – межі діапазону вимірювання фізичної величини, значення за замовчуванням – 0;
- «перша, друга і третя точка» і «введена зміна» (*First point i Delta*), (*Second point i Delta*) і (*Third point i Delta*) – три точки корекції вимірювання і введені зміни, значення за замовчуванням – 0.

3.3 Мова програмування CFC

Мова CFC – графічна мова, споріднена до мови FBD. Ця мова не належить до стандарту IEC 61131-3. У програмах, написаних на CFC, функціональні блоки розміщуються в області коду довільно, крім того, користувач може сам встановити порядок їх виконання. Приклад програми на мові CFC показано на рисунку 3.8. Ця програма реалізує вираз $Y=A/B+C \cdot D$.

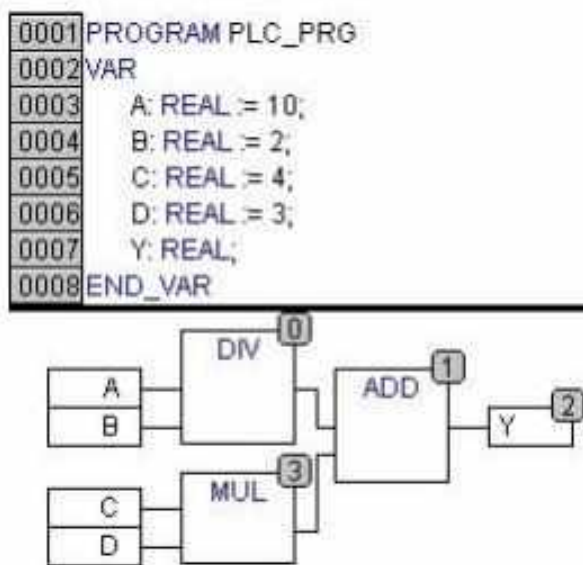


Рисунок 3.8 – Приклад програми мовою CFC

Принциповою відмінністю мови CFC від FBD є те, що в редакторі CFC можна довільно розміщувати компоненти програми (функціональні та логічні блоки) і встановлювати порядок їх виконання. Такі можливості дають змогу легко реалізовувати зворотні зв'язки, що зручно під час розроблення схем регулювання. Під час створення програм на CFC

необхідно вручну вибудовувати зв'язки між елементами, тоді як на FBD з'єднання виконуються автоматично.

Існує два різновиди редактора CFC: стандартний (рисунок 3.9) і сторінковий (рисунок 3.10).

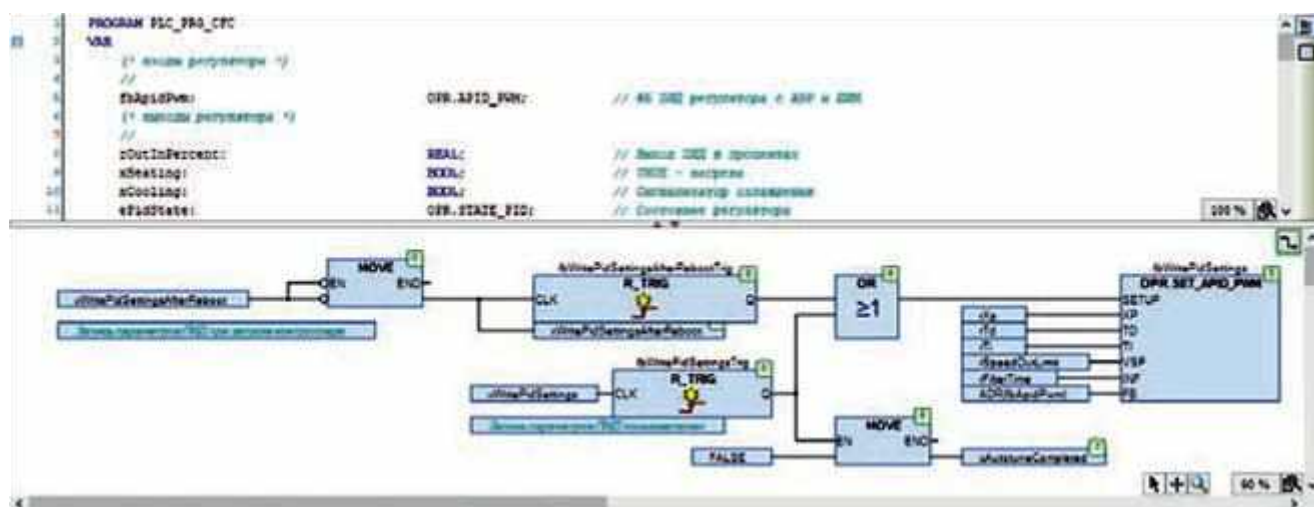


Рисунок 3.9 – Стандартний редактор CFC

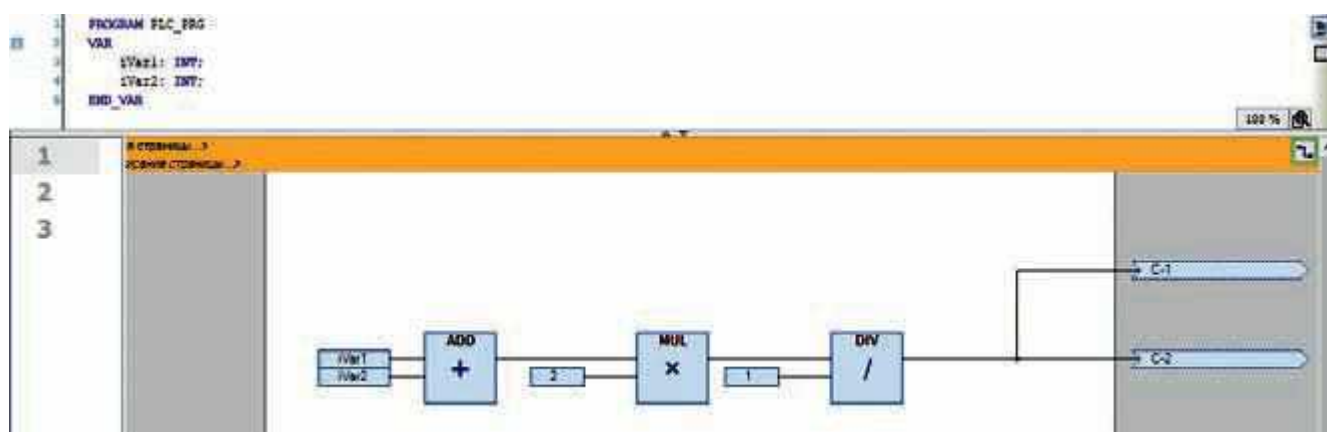


Рисунок 3.10 – Сторінковий редактор CFC

Сторінковий тип редактора CFC зручний для створення проектів, які містять велику кількість послідовно виконуваних частин програми. Посторінкове розміщення програми дає змогу швидко переключатися між її розділами й акцентувати увагу тільки на необхідних елементах, що робить проект інтуїтивно зрозумілим. Під час роботи програми сторінки виконуються послідовно, а передавання інформації з однієї сторінки на іншу виконується за допомогою міток з'єднання.

Стандартний тип редактора CFC більш популярний серед користувачів завдяки таким перевагам:

- наочність подання програмного коду (усі блоки та зв'язки розміщені на єдиній робочій області);
- немає потреби в переключенні між сторінками, що дає змогу уникнути зайвих дій під час написання коду.

Написання програми мовою CFC розпочинається з додавання блоків на робочу область редактора. Потрібний блок додається мишкою з панелі інструментів. Найбільш уживані блоки мови CFC наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Функціональні блоки мови CFC

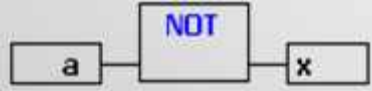
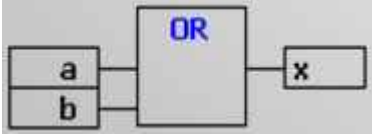
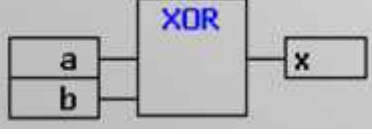
Позначення	Функція
	Вхід – виклик змінної
	Вихід – запис змінної
	Елемент – виклик оператора
	Інверсія
	Set/Reset – операції встановлення / скидання значення
	EN/ENO – додавання входу дозволу
	Коментар

У таблиці 3.2 наведено приклади операторів різних типів у мові CFC, а також їх еквіваленти в текстовій мові програмування ST.

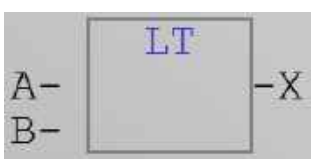
Таблиця 3.2 – Оператори присвоювання та логічні оператори

Оператор	Мова CFC	Мова ST
Оператори присвоювання		
LD/ST		X := A

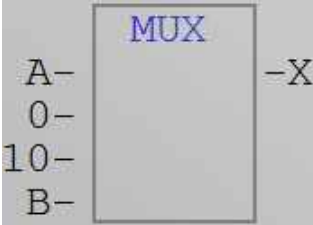
Продовження таблиці 3.2

Оператор	Мова CFC	Мова ST
LDN/ST		$X := NOT (A)$
LD/S		$IF A THEN$ $X := TRUE;$ END_IF
LD/R		$IF A THEN$ $X := FALSE;$ END_IF
Логічні оператори		
NOT		$X := NOT (A)$
AND		$X := A AND B$
OR		$X := A OR B$
XOR		$X := A XOR B$
Оператори порівняння		
EQ		$X := (A = B)$
NE		$X := (A <> B)$
GE		$X := (A >= B)$

Продовження таблиці 3.2

Оператор	Мова CFC	Мова ST
GT		$X := (A > B)$
LE		$X := (A \leq B)$
LT		$X := (A < B)$
Арифметичні оператори		
ADD		$X := A + 1$
SUB		$X := A - 4$
MUL		$X := A * B$
DIV		$X := A / 8$
Оператори вибору		
MIN		$X := MIN(A, B)$
MAX		$X := MAX(A, 1)$

Продовження таблиці 3.2

Оператор	Мова CFC	Мова ST
LIMIT		$X := LIMIT (-8, A, 5);$ $X = -8 \text{ if } A < -8$ $X = 5 \text{ if } A > 5$
SEL		$X := SEL (A, 10, B);$ $X = 10 \text{ if } A \text{ is } FALSE$ $X = B \text{ if } A \text{ is } TRUE$
MUX		$X := MUX (A, 0, 10, B);$ $X = 0 \text{ if } A \text{ is } 0$ $X = 10 \text{ if } A \text{ is } 1$ $X = B \text{ if } A \text{ is } 2$

3.4 Підключення до ПЛК модулів введення-виведення за протоколом OBEN

Протокол OBEN регламентує передавання даних мережею RS-485. На відміну від класичної моделі мережевого протоколу, яка має сім рівнів, протокол OBEN має чотирирівневу структуру.

Рівень 1 відповідає за безпосереднє передавання байтів у мережі RS. Зазвичай це мережа RS-485, але можлива і RS-232C, або канал з іншим фізичним інтерфейсом.

На *рівні 2* перевіряється відповідність адреси та відкидаються всі «чужі» пакети. Наприкінці набору байтів рівня 2 ставиться контрольна сума, що дає змогу проконтролювати коректність прийнятого пакета. Алгоритм обчислення контрольної суми докладно описано в специфікації протоколу OBEN. Для обчислення контрольної суми використовуються всі байти пакета, крім самої контрольної суми.

На *рівні 3* проводиться розбір усіх пакетів, що надходять у пристрій. На цьому рівні міститься кодоване ім'я параметра – 16-бітний локальний ідентифікатор.

Рівень 4 – це останній рівень, на ньому здійснюється розбір переданих значень для подальшого присвоєння їх параметру, ім'я якого було зазначено в Hash-ідентифікаторі.

Щоб конфігурувати ПЛК для підключення модулів введення-виведення, потрібно виконати такі дії:

1 Запустити CoDeSys, створити новий проєкт або відкрити наявний. Увійти на вкладку *Resources* та вибрати *PLC Configuration* (рисунк 3.11).

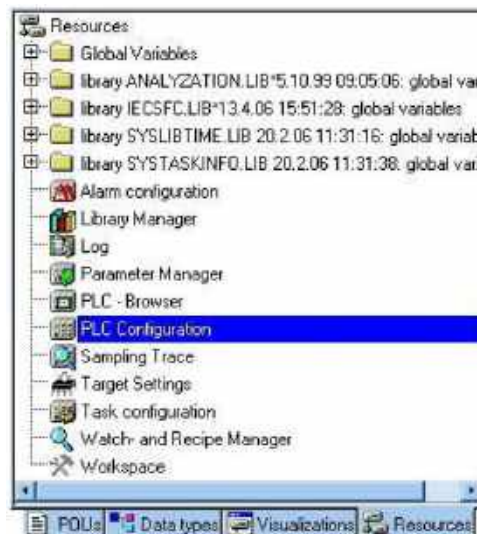


Рисунок 3.11 – Вкладка Resources

У вікні конфігурації ПЛК, що відкрилося зліва, правою кнопкою миші натиснути верхній напис. Наприклад, у разі використання ПЛК150-220.И-L цим написом буде PLC 150 I. У контекстному меню вибрати пункт *Append Subelement*, а у наступному контекстному меню – пункт *Owen (Master)* (рисунк 3.12).

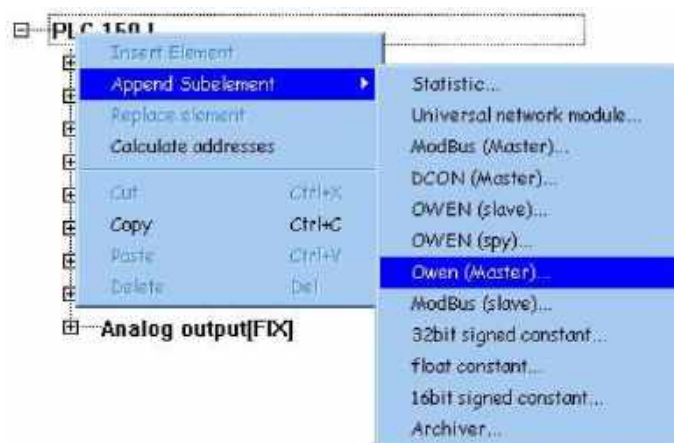


Рисунок 3.12 – Контекстні меню вікна конфігурації ПЛК

Таким чином, у конфігурацію ПЛК додається модуль обміну даними протоколу Овен. Контролер має бути ведучим пристроєм, тобто мастером мережі, що відображено в назві доданого модуля *Owen (Master)*.

2 Виділити модуль *Owen (Master)*, у вікні праворуч вибрати вкладку *Module Parameters* (рисунок 3.13).

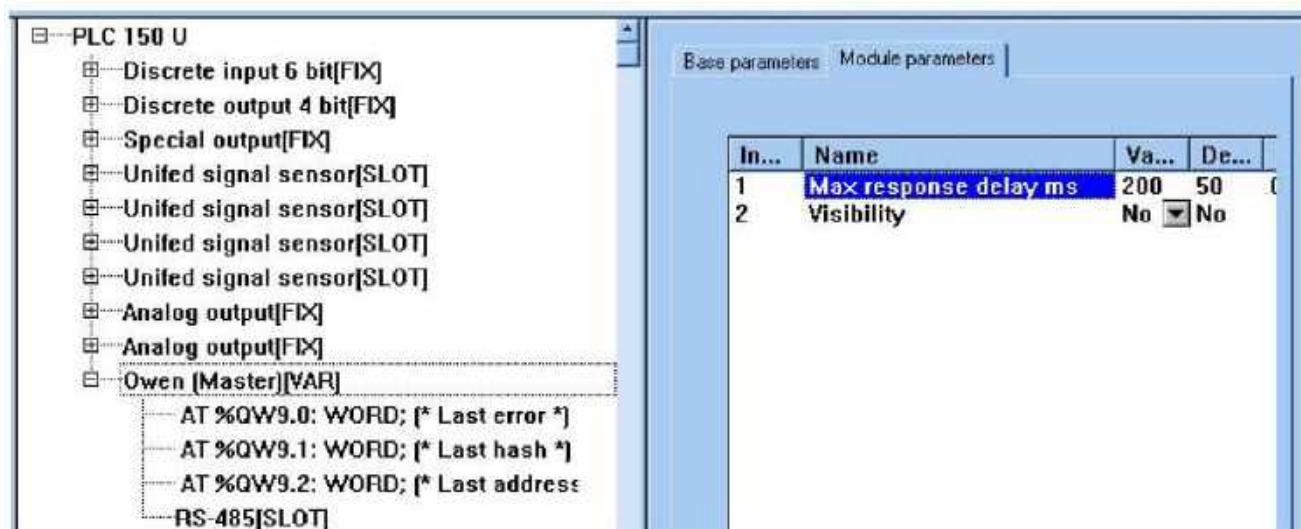


Рисунок 3.13 – Вкладка Module Parameters

Установити для *Max Response Delay ms* значення не менше 200 мс в стовпці *Value*. Розгорнути *Owen (Master)*, натиснувши лівою кнопкою миші на значку «+». Перейти до пункту *RS-485 [SLOT]*, а потім увійти на вкладку *Module Parameters*. На рисунку 3.14 наведено значення параметрів обміну по мережі, які необхідно встановити.

Base parameters Module parameters			
Ind...	Name	Value	Defa
1	Communication speed	115200	11520
2	Parity	NO PARITY CHECK	NO P
3	Data bits	8 bits	8 bits
4	Stop length	One stop bit	One s
5	Interface Type	RS485	RS48
6	Frame oriented	ASCII	ASCII
7	Framing time ms	0	0
8	Visibility	No	No

Рисунок 3.14 – Значення параметрів обміну по мережі

3 Настроїти підключення аналогового модуля введення MBA8. Натиснути правою кнопкою миші на пункті *Owen (Master)*, у контекстному

меню вибрати *Append Subelement*, а потім – *Float variable + time (Listen)*, як це показано на рисунку 3.15.

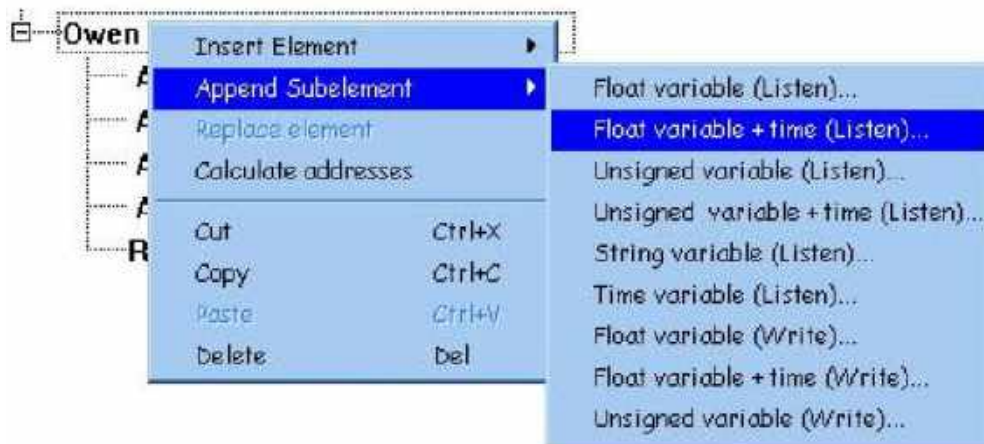


Рисунок 3.15 – Контекстне меню *Append Subelement*

У вікні, яке відкрилось, виділити пункт *Float variable + time (Listen) [var]*. У вікні праворуч вибрати вкладку *Module Parameters*. У стовпці *Value* ввести значення параметрів, як показано на рисунку 3.16. У параметрі *Address* можна встановити зручну адресу приладу MBA8, зазначення якої є кратним 8. Наприклад, 8, 16, 24 або 32. У цьому прикладі встановлено адресу 24.

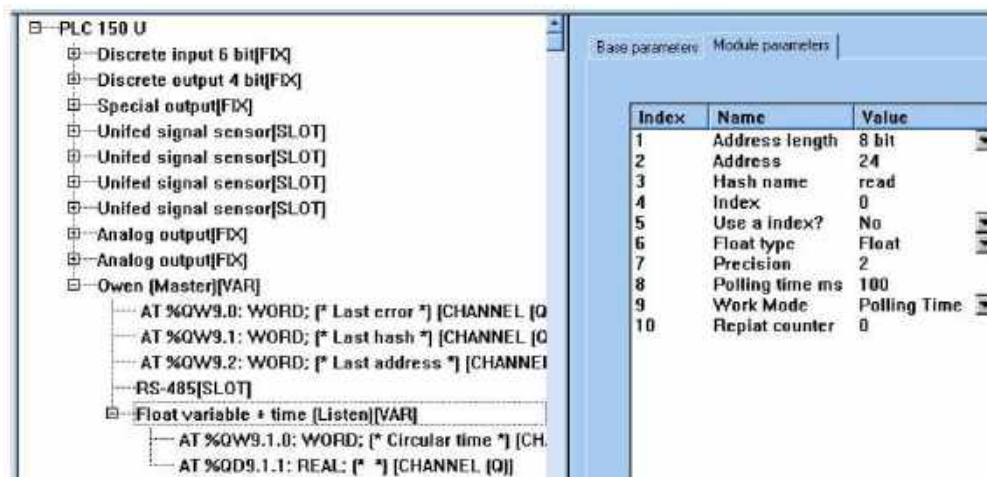


Рисунок 3.16 – Налаштування параметрів з'єднання з MBA8

У такий спосіб створено змінну, якій присвоюватиметься значення з першого входу приладу MBA8, що має мережеву адресу 24. Тепер слід підключити ще один, наприклад, п'ятий вхід того ж MBA8. Для цього натиснути правою кнопкою миші на пункті *Owen (Master)*, у контекстному меню вибрати пункт *Append Subelement*, а потім – *Float variable + time (Listen)*. Виділити ще один пункт *Float variable + time (Listen) [var]*. У вікні

праворуч вибрати вкладку *Module Parameters*. У стовпці *Value* ввести значення параметрів, як показано на рисунку 3.17. При цьому змінюється лише один параметр – *Address*. Оскільки підключається п'ятий канал приладу з адресою 24, відповідно до протоколу ОВЕН адреса п'ятого каналу буде 28. Інакше кажучи, перший канал має адресу приладу, другий – адресу приладу +1 і т.д. У розглянутому прикладі п'ятий канал приладу з адресою 24 має адресу $24 + 4 = 28$.

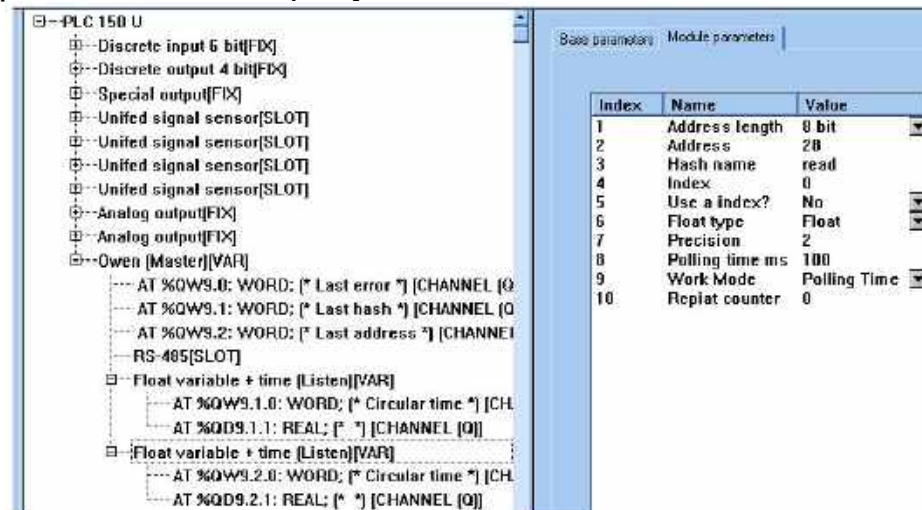


Рисунок 3.17 – Підключення п'ятого каналу MBA8

Значення із входів MBA8 надаються змінним типу *Real*. Цим змінним можна надати імена. Для цього слід натиснути лівою кнопкою миші на напис *AT* для відповідної змінної та ввести ім'я (наприклад, *var1* або *var2*). У результаті напис матиме приблизно такий вигляд (рисунок 3.18).

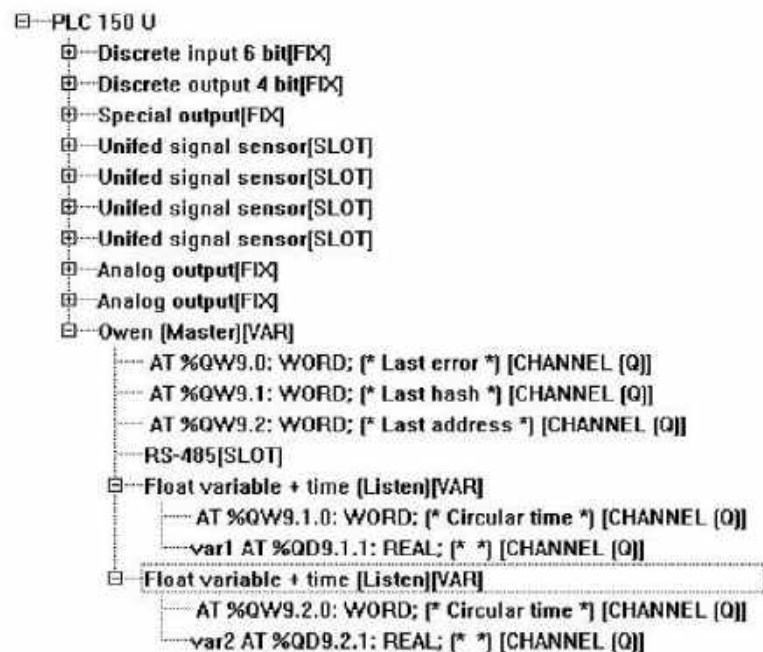


Рисунок 3.18 – Надання імен змінним, які відповідають значенням із входів MBA8

4 Настроїти підключення модуля виведення MBY8-P. Нехай адреса MBY буде, наприклад, 32. Натиснути правою кнопкою миші на пункті *Owen (Master)*, у контекстному меню вибрати *Append Subelement*, а потім – *Float variable (Write)*, як це показано на рисунку 3.19.

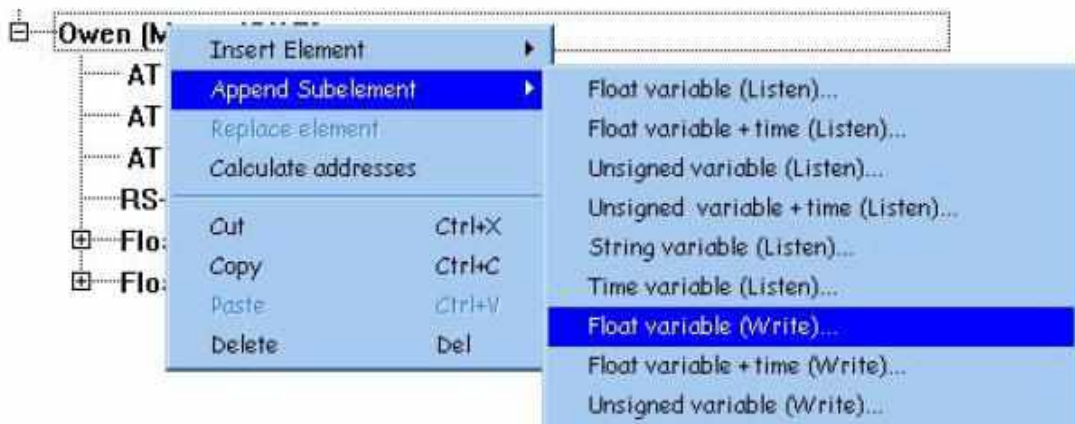


Рисунок 3.19 – Контекстне меню Append Subelement для MBY8

Виділити пункт *Float variable (Write)[var]*. У вікні праворуч вибрати вкладку *Module Parameters*. У стовпці *Value* ввести значення параметрів, як показано на рисунку 3.20. У параметрі *Address* задати адресу 32. Це означає, що перший канал MBY8 буде мати адресу 32. Нумерація адрес у разі звернення до інших каналів MBY8 аналогічна роботі з MBA8. Так, для керування третім каналом MBY8 слід у полі *Address* встановити 34.

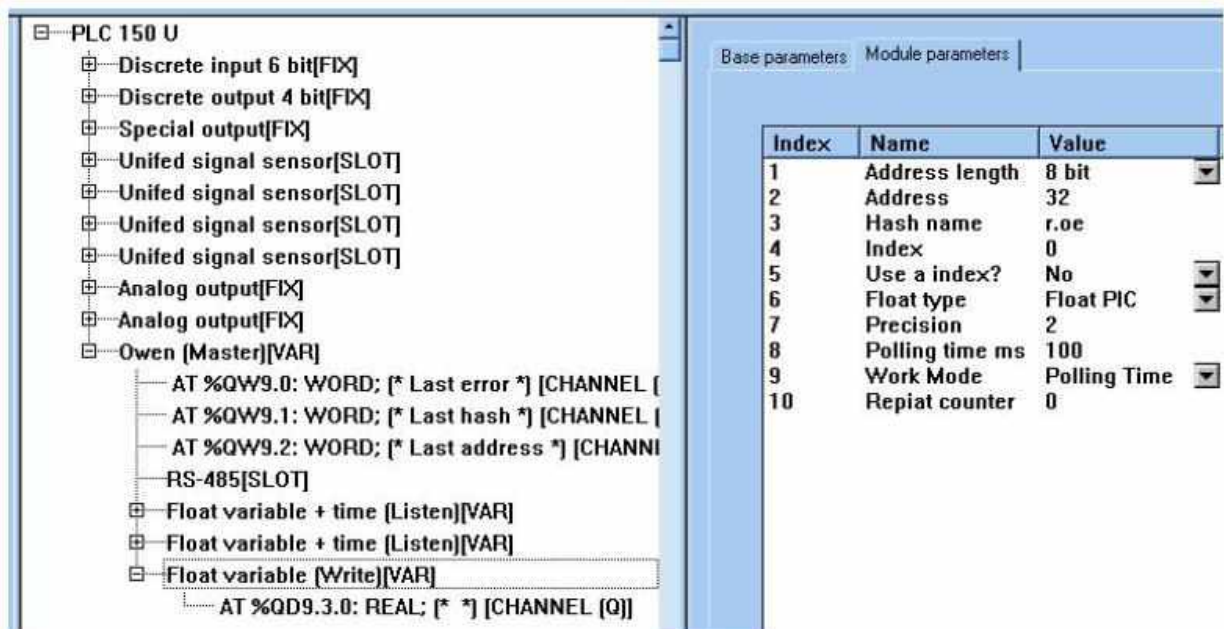


Рисунок 3.20 – Настроювання параметрів з'єднання з MBY8

Слід звернути увагу на поле *Float type*. На відміну від настройки обміну з МВА8, тут необхідно встановити *Float PIC*. Ця настройка вибирається зі списку після натискання на кнопку  (рисунок 3.21).

Index	Name	Value
1	Address length	8 bit 
2	Address	32
3	Hash name	r.oe
4	Index	0
5	Use a index?	No 
6	Float type	Float PIC 
7	Precision	Float PIC 
8	Polling time ms	Fix point binar 
9	Work Mode	Fix point BCD 
10	Repiat counter	0

Рисунок 3.21 – Настроювання поля *Float type*

До МВУ8 дані передаються у вигляді числа з рухомою комою, а не як дискретний сигнал. Це дає змогу керувати не тільки увімкненим або вимкненим станом виходу, але й задавати період замикання / розмикання вихідного пристрою. Під час передавання на МВУ8 числа 1 відповідний дискретний вихід (у цьому випадку – перший) замикається, після передавання числа 0 він розмикається. Під час передавання числа, що лежить в інтервалі від 0 до 1, дискретний вихід замикається на ту частку періоду, що дорівнює цьому числу.

5 Настроїти підключення дискретного модуля введення / виведення МДВВ-Р. Нехай адреса МДВВ буде, наприклад, 40. Натиснути правою кнопкою миші на пункті *Owen (Master)*, у контекстному меню вибрати *Append Subelement*, а потім – *Float variable (Write)*. Ця змінна керуватиме першим виходом МДВВ. Настроювання властивостей змінної здійснюється подібно до того, як це було зроблено для виходів МВУ8 (рисунок 3.22). Адреса для керування першим входом буде 40. Для змінної можна вказати ім'я var5. Ця змінна прийматиме значення від 0 до 1, так само як і у випадку з виходами МВУ8.

Входи МДВВ опитуються групою. Дані з них передаються у вигляді цілого числа. Якщо подати їх у двійковій системі числення, то у 12

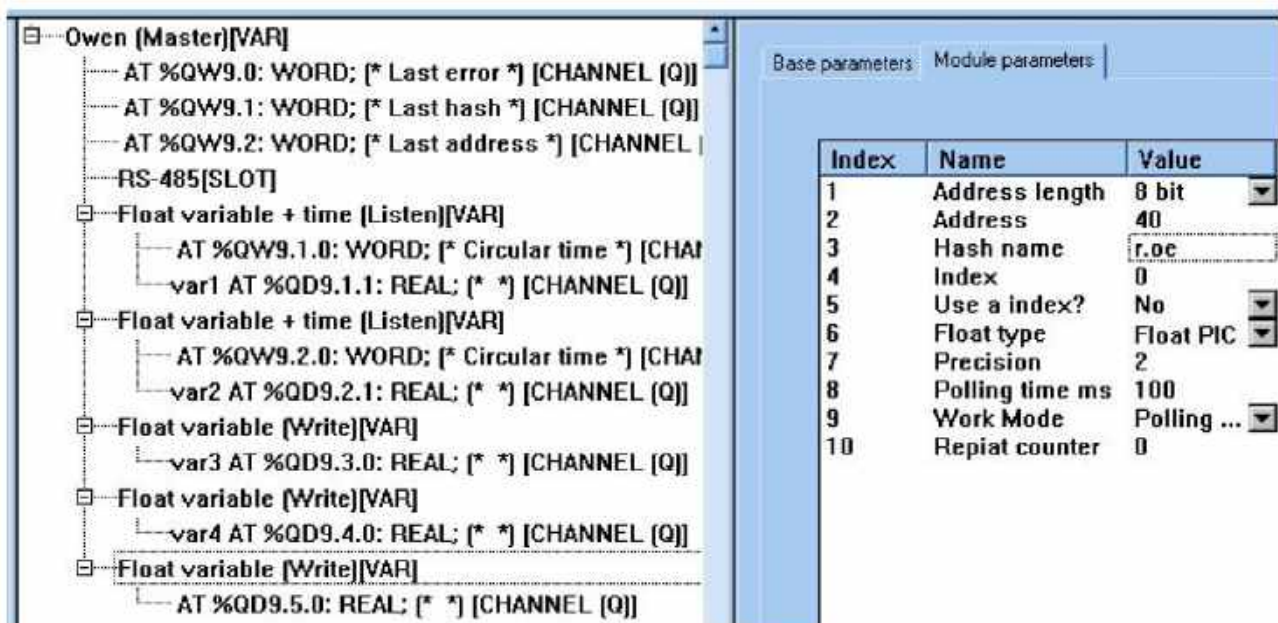


Рисунок 3.22 – Настроювання властивостей змінної для МВУ8

розрядах цього числа зашифровано увімкнений чи вимкнений стан 12 входів МДВВ. Для опитування входів МДВВ слід зробити таке: натиснути правою кнопкою миші на пункті *Owen (Master)*, у контекстному меню вибрати пункт *Append Subelement*, а потім – *Unsigned variable (Listen)*, як це показано на рисунку 3.23.

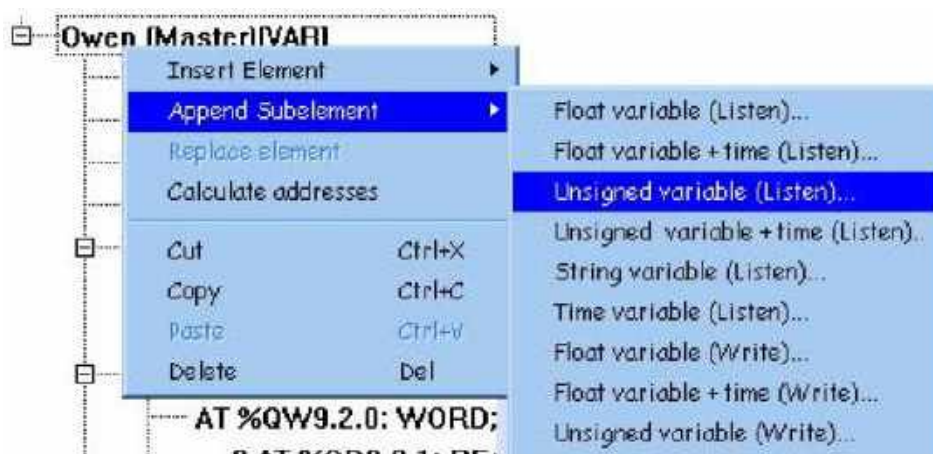


Рисунок 3.23 – Контекстне меню Append Subelement для МДВВ

Виділити пункт *Unsigned variable (Listen)[var]*. У вікні праворуч вибрати вкладку *Module Parameters*. У стовпці *Value* ввести значення параметрів, як показано на рисунку 3.24. У параметрі *Address* задати адресу 40. Оскільки входи МДВВ опитуються всі разом, то це визначає саме адресу приладу МДВВ у мережі.

Base parameters			Module parameters
Index	Name	Value	
1	Address length	8 bit	▼
2	Address	40	
3	Hash name	r.cn	
4	Index	0	
5	Use a index?	No	▼
6	Polling time ms	100	
7	Work Mode	Polling ...	▼
8	Repiat counter	0	

Рисунок 3.24 – Значення параметрів для підключення МДВВ

Натиснути правою кнопкою миші на пункт *Unsigned variable (Listen)[var]*, у контекстному меню вибрати пункт *Append Subelement*, а потім у новому контекстному меню – пункт *8 bits* (рисунок 3.25).

Повторити ці операції двічі. Розкрити підпункти *8 bits*, натиснувши на «+» поряд із ними. Тут можна визначити імена змінним, пов'язаним із входами МДВВ. Оскільки модуль має 12 дискретних входів, то 4 останні змінні не використовуються і завжди дорівнюють 0. У результаті можна отримати конфігурацію, наведену на рисунку 3.26.

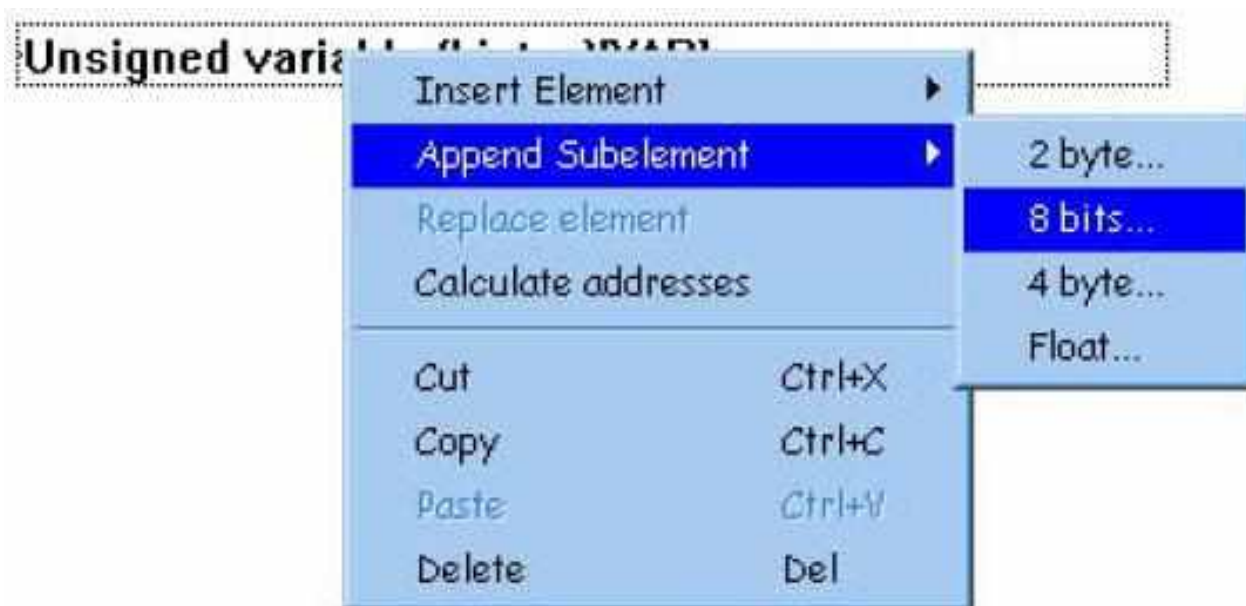


Рисунок 3.25 – Вибір розрядності

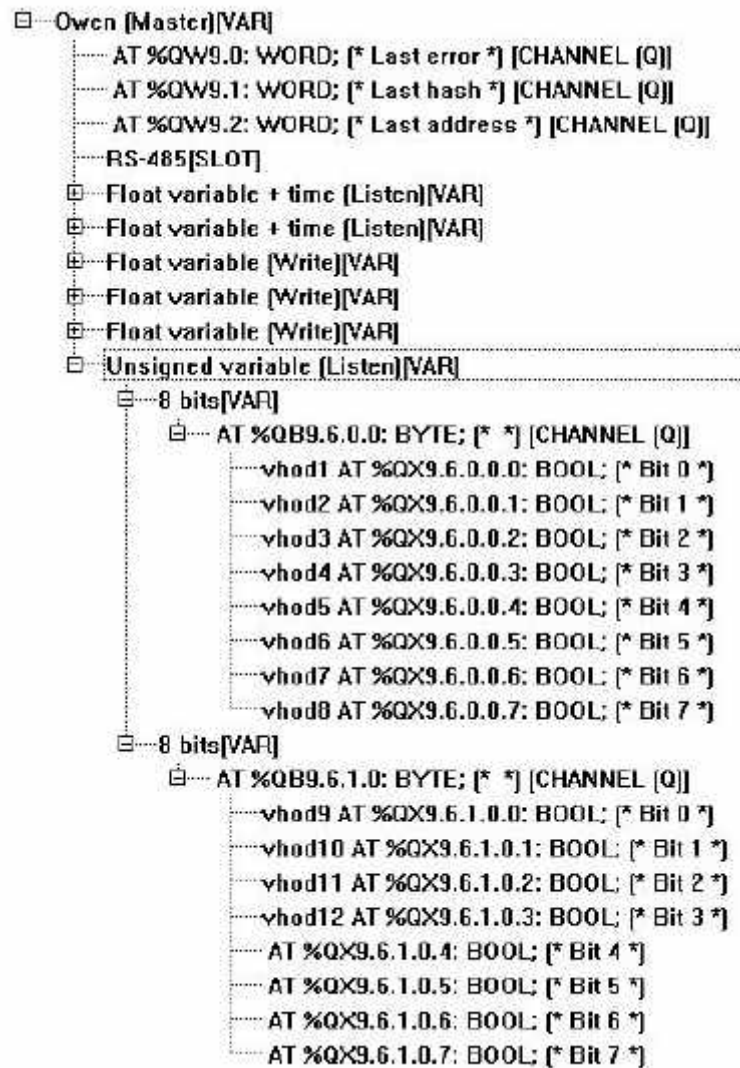


Рисунок 3.26 – Конфігурація підключення МДВВ

4 ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМОВАНИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ У ЗАВДАННЯХ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ

4.1 Система дозування і фасування

Для автоматизації процесу фасування і пакування сипких продуктів і штучних товарів компанія АКУТЕК розробила рішення, що забезпечує підрахунок кількості упакованої продукції та збільшення швидкодії дозувального автомата. Структурну схему системи зображено на рисунку 4.1.

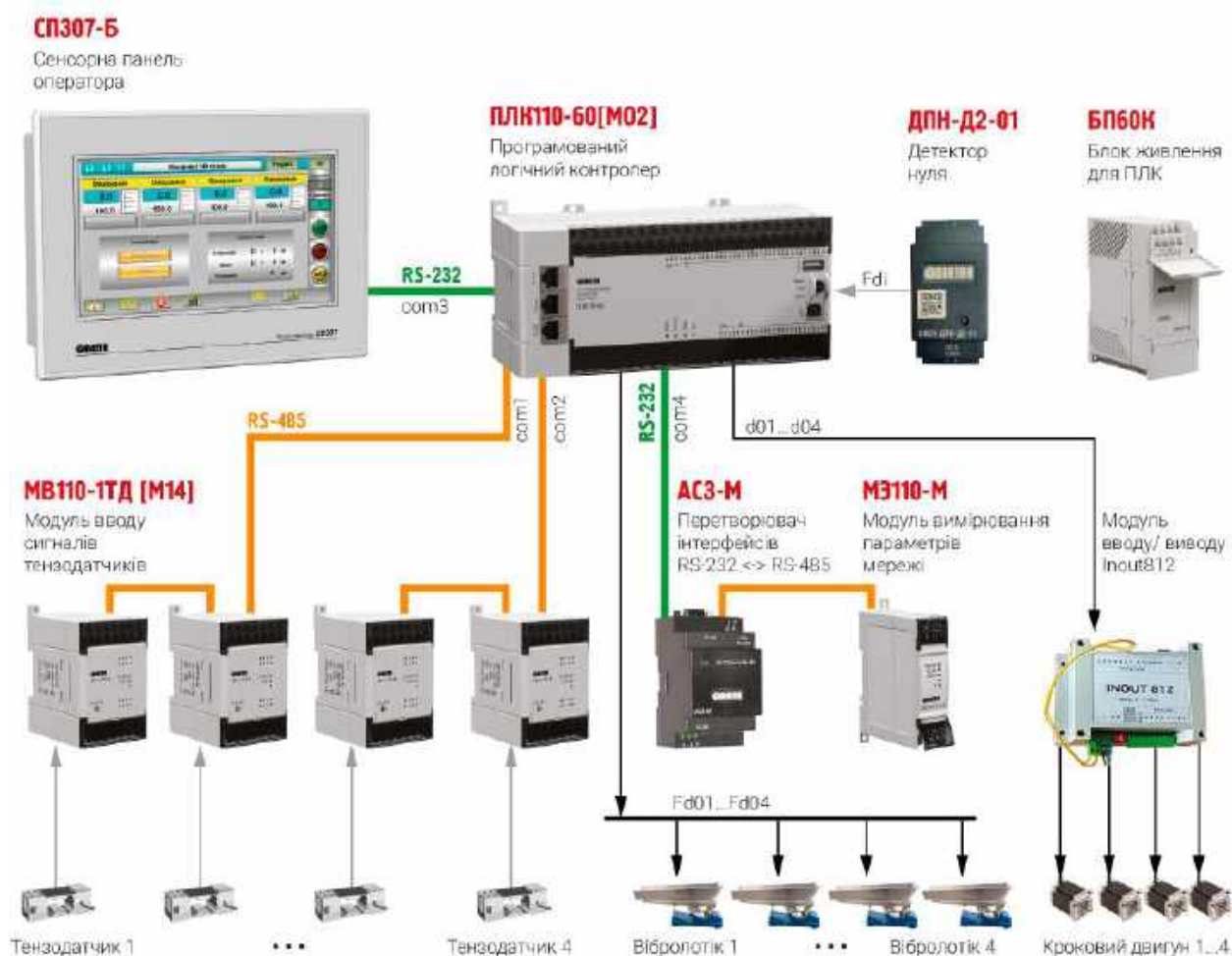


Рисунок 4.1 – Система дозування і фасування

До складу системи входять:

- контролер ПЛК110;
- сенсорна панель оператора СП307-Б;
- модуль введення сигналів від тензодатчиків MB110-1ТД (4 шт.);
- модуль вимірювання параметрів електричної мережі ME110-1M;
- перетворювач інтерфейсів (RS-232/RS-485) AC3-M;

- одноточкові тензодатчики;
- блок живлення БП60К.

Це універсальне рішення, яке підходить для одно- й чотирисекційних дозаторів, має інтуїтивно зрозумілий людинно-машинний інтерфейс, а також дає змогу збільшити швидкодію дозувального автомата. Усі настройки та параметри процесу дозування і фасування відображаються та редагуються з панелі оператора, що суттєво підвищує зручність керування процесом, заощаджує час і не потребує високої кваліфікації оператора.

На панелі оператора СП307-Б відображаються сім екранів, що призначені для настроювання дозування, вибору та редагування режимів, ведення статистики та журналу подій.

На *головний екран* (рисунк 4.2) виведено показники вагової дози, кнопки керування (старт, пауза та стоп), ступінь готовності та виконання поточного завдання.

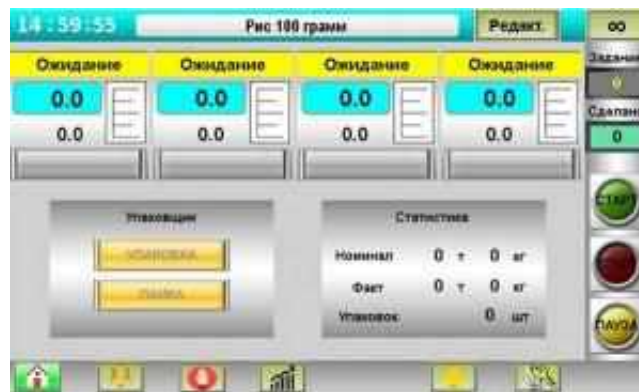


Рисунок 4.2 – Головний екран системи

Екран настройок (рисунк 4.3) показує стан дозатора та реверса (увімк. / вимкн.), амплітуду віброблока (від 0 до 100 %), напругу. На цьому екрані можна вибрати мову (англійську, російську, українську) та звуковий супровід процесу.



Рисунок 4.3 – Екран настройок системы

На екрані редактора рецепта встановлюється маса, допустимі від'ємні та додатні відхилення маси для кожного із чотирьох дозаторів.

На екрані вибору рецепта вибирається продукт, що дозується. Це може бути будь-який сипкий продукт.

На екрані журналу подій фіксується час і подія.

На екрані статистики виводиться повний звіт про роботу: маса продукту, час зважування, кількість упаковок.

За допомогою екрана ручного режиму можна завершити процес дозування в ручному режимі, керуючи ковшем, віброблоком і часом очікування.

4.2 Автоматизація системи бетонозмішувального вузла

Структурну схему системи бетонозмішувального вузла зображено на рисунку 4.4.

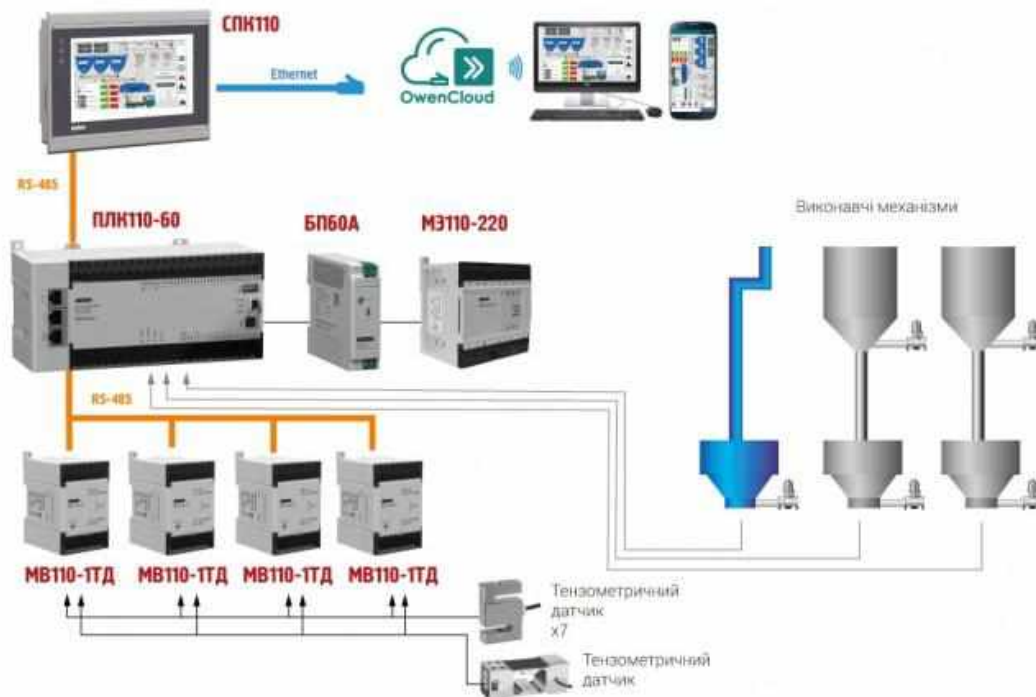


Рисунок 4.4 – Система бетонозмішувального вузла

Алгоритм роботи системи реалізовано таким чином: технолог установлює склад бетону відповідно до марки (у пам'яті пристрою зберігається до 100 рецептів). Оператор вибирає марку бетону і встановлює необхідний обсяг виробництва. Якщо встановлений обсяг перевищує місткість бетонозмішувача, то починається відвантаження готової суміші порціями, що не перевищують об'єм бетонозмішувача. Для роботи в автоматичному режимі рекомендується встановлювати об'єм

готового продукту, що менший за об'єм приймального бетоновоза або приймального бункера.

Система виконує архівацію даних за кількістю використаних матеріалів (цемент, пісок, щебінь, вода, хімічні домішки), а також веде облік кількості замісів і відвантаженого бетону певної марки.

В алгоритмі реалізовано коригування об'єму подання води залежно від вологості сипких компонентів (пісок, щебінь) методом вимірювання споживаної потужності приводу бетонозмішувача під час перемішування сухої суміші до подання води. Для реалізації цього алгоритму потрібне формування масиву даних для конкретного бетонозмішувача.

Система керування має три режими роботи: автоматичний, напівавтоматичний (внесення індивідуальних змін у рецептуру), ручний (проведення технічного обслуговування, миття змішувача тощо).

Керування системою здійснюється ПЛК з використанням сенсорної панелі оператора. Цей осередок розміщується в операторській кабіні, де є два оглядових вікна для контролю процесу виробництва бетону і його навантаження.

Є можливість дистанційного запуску механізмів: з будь-якого місця цеху в зоні дії WiFi-мережі (якщо використовується WiFi-роутер) або повністю віддалено – через мережу «Інтернет» відповідно до прав доступу.

До складу бетонозмішувального вузла входять:

- три бункери, обладнані шиберними засувками для подання сипких фракцій;

- ваговий конвеєр для зважування щебеню та піску;

- конвеєр вивантаження сипких фракцій у бетонозмішувач;

- вагові бункери із заслінками, що здійснюють зважування і подання в бетонозмішувач цементу, води і хімічних домішок;

- бункер для зберігання цементу, обладнаний пристроєм компенсації надлишкового тиску повітря і шнеком подання продукту у ваговий бункер;

- насоси, що здійснюють подання у вагові бункери води і хімічних домішок;

- бетонозмішувач, де відбувається змішування всіх компонентів із подальшим вивантаженням готової продукції через шиберну заслінку, що розміщена в нижній частині резервуара;

- силовий щит і шафа керування.

Система керування контролює виконання таких функцій:

- вагове дозування;

- подання та приготування готового бетону;

- архівування (облік матеріалів, готової продукції, архівування дій користувачів системи й аварійних подій).

4.3 Автоматизація сушильної камери для деревини

Система керування сушильною камерою конвективного типу розроблена на базі програмованого контролера ПЛК100.

Контролер ПЛК100 збирає інформацію з вимірювальних модулів вологості повітря, вологості деревини, а також температури повітря. Оперуючи даними, отриманими з мережі RS485, ПЛК через вбудовані дискретні виходи керує виконавчими механізмами: триходовими клапанами і приводами повітряних заслінок, запуском-реверсом циркуляційних вентиляторів, електромагнітним клапаном зволоження в камері, циркуляційним насосом опалення.

Контролер забезпечує постійний моніторинг температури і вологості повітря у двох зонах, а також вологості деревини – у восьми точках. У разі виходу з ладу вентилятора або циркуляційного насоса на дискретні входи ПЛК подається сигнал.

Сенсорна панель оператора СП307 використовується для керування процесом сушіння і відображення аварійних ситуацій (рисунок 4.5). Панель з'єднується з ПЛК за інтерфейсом Ethernet, вона здійснює постійний контроль і збереження даних у флеш-накопичувачі для подальшої діагностики роботи камери.

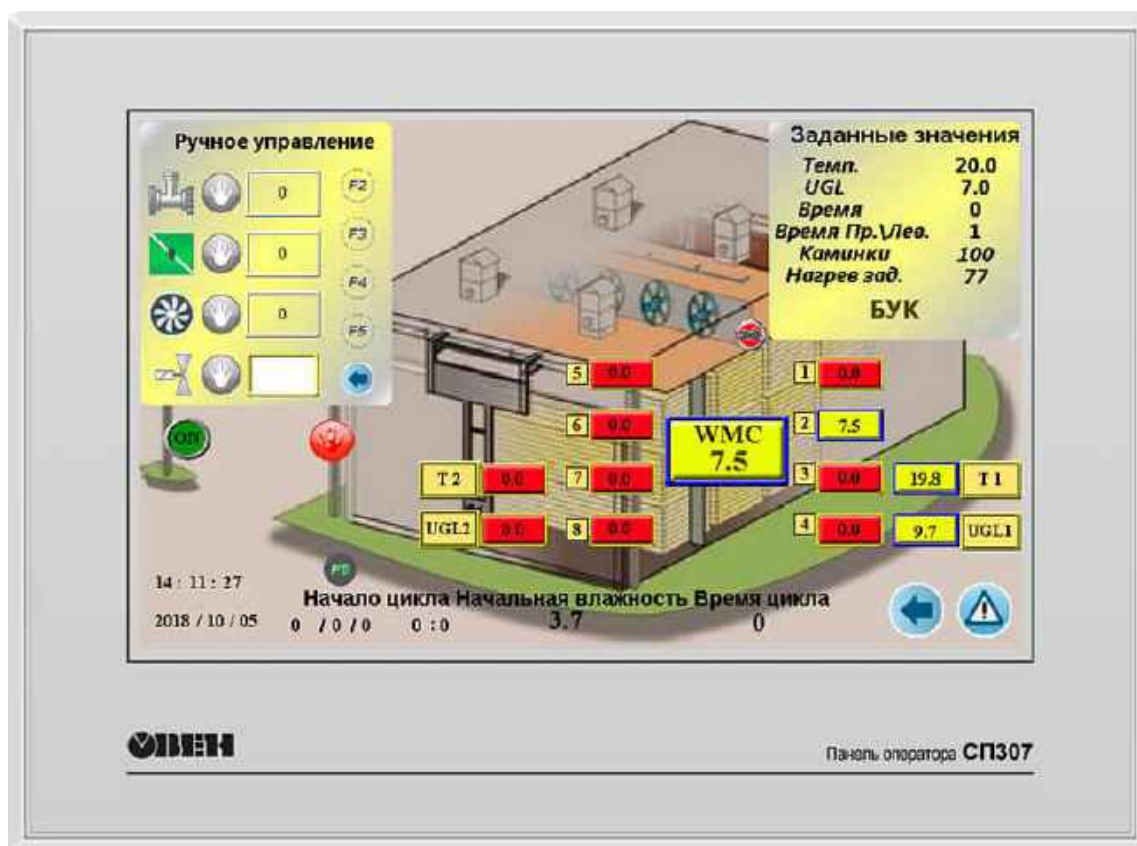


Рисунок 4.5 – Сенсорна панель оператора СП307

4.4 Автоматизована система захисту турбогенератора

Автоматизована система захисту турбогенератора призначена для зупинки турбіни в разі виникнення аварійної ситуації. Зупинка турбогенератора виконується шляхом впливу на виконавчі механізми (клапани, заслінки, регулятори, насоси). Порядок впливу визначається залежно від захисту, що спрацював.

Апаратна частина системи розроблена із застосуванням такого обладнання компанії АКУТЕК:

- сенсорні панельні контролери (два основні, два дублювальні в гарячому резерві);
- програмовані логічні контролери;
- датчики температури;
- гільзи захисні для датчиків температури;
- нормувальний перетворювач;
- імпульсний блок живлення;
- однофазний мультиметр;
- модуль введення параметрів електричної мережі;
- модулі введення аналогових сигналів;
- модулі швидкісного введення аналогових сигналів;
- модулі виведення керувальні;
- перетворювач інтерфейсу Ethernet – RS-232/RS-485;
- твердотільне реле.

Для забезпечення надійності роботи захисту в разі можливих відмов контролерів і модулів введення / виведення в системі передбачено резервування та двоступінчасте дублювання апаратної частини, а також програмний захист від хибних спрацьовувань. Розроблена система складається із 3000 каналів, керує роботою 12 насосів, 38 засувов, 15 регуляторів та іншого обладнання.

Системою контролюються:

- механічні величини: швидкість обертання вала, вібрація вала, осьовий зсув ротора, диференційне розширення, теплове розширення, положення регулювального клапана;
- значення температури: колодок упорного підшипника, металу підшипників, мастила після змащення;
- значення тиску: мастила на змащення, підйому вала, вакууму в конденсаторі;
- дискретні сигнали: положення стопорних клапанів, положення автомата безпеки, пошкодження генератора, сигнал аварії системи регулювання WOODWARD, сигнал від кнопки аварійного зупину.

У системі реалізовано захист з:

- осьового зсуву ротора;
- перевищення швидкості обертання ротора (три межі);

- підвищення температури підшипників;
- підвищення температури колодок упорного підшипника;
- перевищення тиском регульованого рівня;
- зниження тиску мастила на змащення;
- підвищення температури гострої пари;
- зниження температури гострої пари;
- пошкодження генератора;
- підвищення температури мастила після змащення;
- зниження вакууму;
- відхилення диференційного розширення;
- спрацьовування автомата безпеки;
- тиску мастила на змащення (дві межі);
- тиску мастила насосів гідропідйому вала.

Система здійснює контроль (рисунок 4.6):

- температури;
- вибігу ротора;
- теплового розширення;
- стану захисту (введено / не введено);
- спрацьовування захисту;
- значення уставки спрацьовування;
- увімкнення / вимкнення модулів виведення (керувальні виконавчі механізми).



Рисунок 4.6 – Контрольовані системою параметри

Усі параметри записуються на зовнішній накопичувач – SD-карту обсягом 16 ГБ, яку встановлено в кожному контролері. Дані передаються

мережею Ethernet в SCADA-систему на промисловий комп'ютер, який дає змогу здійснювати контроль, архівацію, керування та підключення зовнішніх і чітко визначених користувачів із різними правами доступу.

4.5 Автоматизована система керування котельнею ПТВМ-30

Схема автоматизованої системи керування котельнею ПТВМ-30 структурно складається із шести щитів (рисунок 4.7):

- щит живлення;
- комунікаційний щит;
- щит керування допоміжним обладнанням;
- три щити керування окремими котлами.

Кожен щит містить ПЛК, панель оператора, модулі введення / виведення виробництва компанії АКУТЕК.

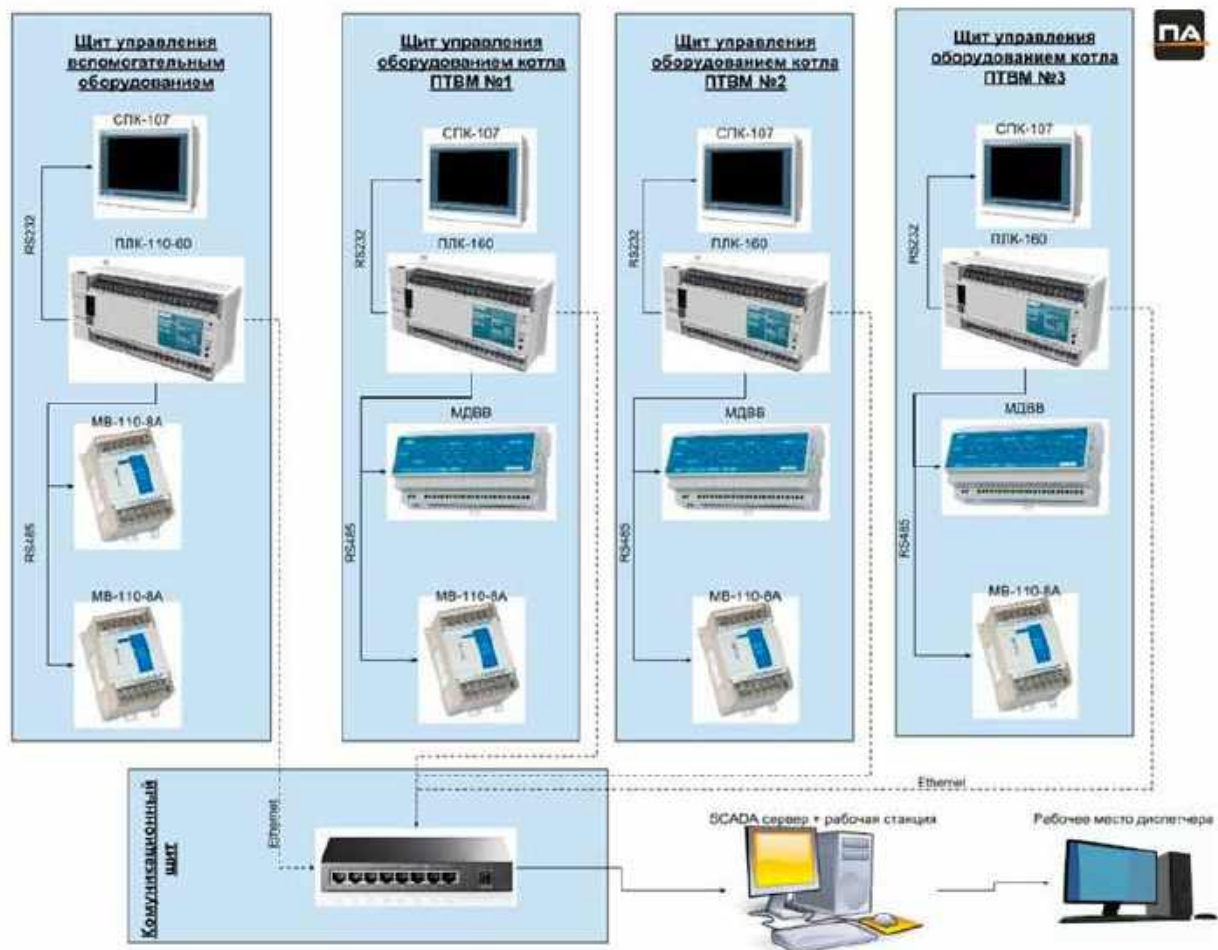


Рисунок 4.7 – Структурна схема системи ПТВМ-30

Програмне забезпечення системи складається з програм для ПЛК, що керують обладнанням, програм для сенсорних панелей, що відображають

процеси, а також програмного забезпечення для SCADA-сервера, який розміщується в кімнаті оператора та виконує функції архівування параметрів перебігу технологічних процесів, відображення аварійних повідомлень для контролювання всіх параметрів: тиску, температури, кількості газу, що споживається, вмісту кисню, стану обладнання. Оператор стежить за показниками, а також їх застосуванням у режимі реального часу. Крім того, система має зв'язок із робочим місцем диспетчера, який контролює стан теплових мереж міста – будинків, котелень тощо.

ВИСНОВКИ

У посібнику розглянуто особливості застосування ПЛК для вирішення завдань вимірювання параметрів та автоматизації технологічних процесів. ПЛК широко застосовуються в харчовій, автомобільній, нафтогазовій, машинобудівній та багатьох інших галузях промисловості.

Порівняно з традиційними неперепрограмованими пристроями керування ПЛК мають такі переваги:

- гнучкість;
- надійність;
- кращі масогабаритні характеристики;
- можливість об'єднання в мережі з іншими пристроями;
- висока швидкість виявлення помилок;
- краща енергоефективність;
- менші затрати на перенастроювання функцій.

Основними світовими й українськими виробниками ПЛК є:

- Schneider Electric SE (Франція);
- Siemens AG (Німеччина);
- IDEC (Японія);
- FATEK Automation (Тайвань);
- Allen-Bradley (США);
- Omron (Японія);
- ТОВ АКУТЕК (Україна).

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Галкін, П. В. Програмування ПЛК в CODESYS : навч. посіб. / П. В. Галкін, І. І. Ключник. – Харків : ФОП Панов А. М., 2019. – 92 с.

Готові рішення АКУТЕК [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aqteck.com.ua/ua/gotovi-rishennja>.

Реалізовані проекти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aqteck.com.ua/ua/projects>.

Програмовані логічні контролери [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aqteck.com.ua/ua/programovani-logichni-kontrolery>.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 Основні відомості про програмовані логічні контролери.....	4
1.1 Особливості застосування та класифікація ПЛК.....	4
1.2 Архітектура ПЛК.....	6
1.3 Цикл роботи ПЛК.....	11
2 Програмовані логічні контролери виробництва ТОВ АКУТЕК.....	14
2.1 Програмовані логічні контролери ПЛК110[M02].....	14
2.2 Програмовані логічні контролери ПЛК210.....	19
2.3 Програмований логічний контролер ПЛК63.....	25
2.4 Програмований логічний контролер ПЛК150.....	30
3 Програмування програмованих логічних контролерів у середовищі CoDeSys.....	34
3.1 Основні відомості про програмний комплекс CODESYS.....	34
3.2 Конфігурування ПЛК у середовищі CODESYS.....	37
3.3 Мова програмування CFC.....	41
3.4 Підключення до ПЛК модулів введення-виведення за протоколом ОВЕН.....	46
4 Приклади застосування програмованих логічних контролерів у завданнях вимірювання та контролю.....	56
4.1 Система дозування і фасування.....	56
4.2 Автоматизація системи бетонозмішувального вузла.....	58
4.3 Автоматизація сушильної камери для деревини.....	60
4.4 Автоматизована система захисту турбогенератора.....	61
4.5 Автоматизована система керування котельнею ПТВМ-30...	63
ВИСНОВКИ.....	65
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	66

Навчальне видання

**Черепашук Григорій Олександрович
Потильчак Олексій Петрович**

**ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМОВАНИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ
У ЗАСОБАХ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

Редактор А. Г. Литвин

Зв.план, 2024

Підписано до видання 14.05.2024

Ум. друк. арк. 3,8. Обл.-вид. арк. 4,25. Електронний ресурс

Видавець і виготовлювач

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001