МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Проєктування систем автоматизації

Практикум. Частина 2

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Укладачі: Ю.А. Запорожець, Д.М. Складанний

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2024

Рецензент: *Степанець Олександр Васильович,* канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизації енергетичних процесів

Відповідальний редактор *Жураковський Ярослав Юрійович,* старший викладач

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 7 від 09.05.2024 р.)

за поданням Вченої ради інженерно-хімічного факультету
(протокол № 3 від 25.03.2024 р.)

Навчальний посібник розроблено з метою забезпечення підготовки до виконання студентами практичних робіт з навчальної дисципліни *Проєктування систем автоматизації*. У посібнику викладено відомості, необхідні для набуття умінь та досвіду підготовки та розроблення проєктно-конструкторської документації систем автоматизованого керування технологічних процесів. Видання містить вказівки і рекомендації до складання наступної документації: схем зовнішніх проводок, мнемонічних диспетчерських схем та документації на програмно-технічні керуючі комплекси.

У посібнику наведено мета, завдання та особливості виконання практичних робіт, необхідний теоретичний матеріал, зазначено нормативні документи, які регламентують виконання кожної роботи та перелічено вимоги до оформлення їх результатів, сформульовано контрольні питання для самопідготовки студентів. Посібник призначений для здобувачів ступеня бакалавра за освітньо-професійною програмою «*Технічні та програмні засоби автоматизації*» спеціальності *174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка* та буде також корисним для самостійної роботи.

This textbook is written for providing students' preparation to perform practical works in the discipline *Automation Systems Design*. The textbook contains the information necessary for acquiring the skills and experience of preparing and developing design and construction documentation for automated control systems of technological processes. The publication contains instructions and recommendations for the preparation of the following documentation external postings schemes, mnemonic dispatching schemes and controller complexes for process automation.

The manual provides the purpose, tasks, and practical work features, the necessary theoretical material, the regulatory documents that regulate each work performance and the requirements for their results registration are given, control questions for students self-training are formulated. The textbook is intended for bachelor's degree students in the educational and professional program "*Automation Hardware and Software*" specialty *Automation, computer-integrated technologies and robotics* and could be useful for self-study.

Реєстр. № НП 23/24-470. Обсяг 3,1 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056
https://kpi.ua
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024

Зміст

Передмова **5**

ПРАКТИЧНА РОБОТА 9
Розроблення мнемонічної схеми технологічного об'єкту керування. Зображення технологічної лінії на мнемосхемі **8**

Завдання, початкові дані та особливості виконання роботи 8
Нормативні документи 8
Теоретичні відомості 9
Приклад виконання роботи 14
Оформлення результатів виконання роботи 19
Контрольні запитання та завдання 20

ПРАКТИЧНА РОБОТА 10
Розроблення мнемонічної схеми технологічного об'єкту керування. Зображення засобів контролю та керування на мнемосхемі **21**

Завдання, початкові дані та особливості виконання роботи 21
Нормативні документи 21
Теоретичні відомості 21
Приклад виконання роботи 23
Оформлення результатів виконання роботи 23
Контрольні запитання та завдання 35

ПРАКТИЧНА РОБОТА 11
Розроблення схеми з'єднань зовнішніх проводок системи автоматизації **37**

Завдання, початкові дані та особливості виконання роботи 37
Нормативні документи 37
Теоретичні відомості 37
Приклад виконання роботи 42
Оформлення результатів виконання роботи 45
Контрольні запитання та завдання 47

ПРАКТИЧНА РОБОТА 12
Розроблення таблиці з'єднань зовнішніх проводок системи автоматизації **48**

Завдання, початкові дані та особливості виконання роботи 48
Нормативні документи 48
Теоретичні відомості 48

Приклад виконання роботи 51
Оформлення результатів виконання роботи 51
Контрольні запитання та завдання 53

ПРАКТИЧНА РОБОТА 13
Розроблення переліків вхідних та вихідних сигналів програмно-технічного комплексу керування 54

Завдання, початкові дані та особливості виконання роботи 54
Нормативні документи 54
Теоретичні відомості 55
Приклад виконання роботи 56
Оформлення результатів виконання роботи 61
Контрольні запитання та завдання 61

Список рекомендованої літератури 62

Додатки 63

Додаток А Витяг з рейтингової системи оцінювання результатів навчання щодо оцінювання практичних робіт 63
Додаток Б Короткі відомості про маркування проводів та кабелів 64
Додаток В Приклади таблиць вхідних та вихідних сигналів 67

Передмова

Проєктування систем автоматизації – це процес розроблення технічної документації, на підставі якої може бути виготовлена або вдосконалена система автоматизованого керування. Необхідною вимогою, яка має бути дотримана на всіх стадіях проєктування, полягає у тому, що запланована система повинна виконувати покладені на неї функції в повному обсязі із забезпеченням заданої якості функціонування. Проєктування у галузі автоматизації виробничих та технологічних процесів пов'язано з розробленням систем збирання, передачі та оброблення інформації, а також технічних засобів реалізації вказаних функцій.

Передбачається, що студенти, приступаючи до вивчення даної дисципліни, уже володіють основними поняттями про автоматизацію технологічних процесів, знають види та призначення основних технічних засобів автоматизації, володіють теорією та практикою проведення технологічних вимірювань, правилами та прийомами складання схем автоматизації.

Даний посібник є складовою частиною методичних матеріалів, що призначені для опанування студентами матеріалу дисципліни *Проєктування систем автоматизації*. Відповідно до робочого навчального плану підготовки бакалаврів за спеціальністю, навчальна дисципліна передбачає 36 годин лекцій та 36 годин практичних занять. З цього часу дві години практичних занять відводиться на проведення заліку та дві години на виконання модульної контрольної роботи.

Представлений практикум має на меті закріплення на практиці знань та досвіду, отриманих в процесі вивчення дисципліни та сприятиме засвоєнню матеріалу курсу. У посібнику наведено відомості, необхідні для набуття умінь та досвіду підготовки та розроблення проєктно-конструкторської документації систем автоматизованого керування технологічних процесів. Практикум з дисципліни *Проєктування систем автоматизації* складається з двох частин. Описаний у цьому посібнику матеріал є другою частиною практикуму та забезпечує виконання п'яти практичних робіт загальним обсягом 14 академічних годин. Роботи, описані у цій частині практикуму присвячені роздробленню та складанню наступної документації: мнемонічні диспетчерські схеми, зовнішні проводки систем автоматизації та документи для створення програмно-технічних керуючих комплексів. Роботи, наведені у посібнику, мають різну складність і для їх виконання планується застосувати два підходи:

- індивідуальний, коли робота виконується студентом самостійно;
- груповий, коли робота виконується групою з двох студентів, роль кожного з яких описана у завданні до роботи.

Крім того, виконання деяких робіт планується протягом більше ніж одного аудиторного заняття. У такому випадку, інформація про обсяг частини роботи, яку

слід виконати на кожному з занять, наведена у завданні до роботи. Тривалість виконання кожної з практичних робіт та кількість студентів, які залучаються до виконання одного варіанту завдання роботи зведена в таблицю 0.1.

Таблиця 0.1 – Тривалість виконання практичних робіт та кількість студентів у бригаді для виконання одного варіанту завдання.

№ роботи	***Студентів у бригаді***	***Тема роботи***	***Аудит. годин***
		Роботи, винесені у першу частину практикуму	18
9	1	Розроблення мнемонічної схеми технологічного об'єкту керування. Зображення технологічної лінії на мнемосхемі	4
10	1	Розроблення мнемонічної схеми технологічного об'єкту керування. Зображення засобів контролю та керування на мнемосхемі	2
11	1	Розроблення схеми з'єднань зовнішніх проводок системи автоматизації	2
12	1	Розроблення таблиці з'єднань зовнішніх проводок системи автоматизації	2
13	2	Розроблення переліків вхідних та вихідних сигналів програмно-технічного комплексу керування	4
		Разом	32

У випадку групового виконання роботи, обидва студенти виконують варіант завдання того з них, хто стоїть вище у списку групи. Оцінювання результатів робіт відбувається у відповідності до рейтингової системи, витяг з якої наведено у додатку А. Для деяких робіт передбачено додаткові завдання, які, за бажанням, можуть виконати студенти, що прагнуть отримати більш глибокі знання та уміння у межах дисципліни. За виконання таких завдань передбачене нарахування додаткових рейтингових балів

Студентам рекомендовано звернути увагу на оформлення результатів практичних робіт. У випадку, якщо результатом роботи є проєктний документ, то він має бути оформлений у відповідності до вимого виконання таких документів з додержанням діючих правил щодо наявності рамок, наявності та заповнення основних написів, використання креслярських шрифтів тощо. У випадку, якщо в результаті роботи створюється документ, який є робочим матеріалом і не регламентується проєктно-конструкторською документацію, додержання вказаних правил оформлення не є обов'язковим. Вимоги до оформлення для кожної з робіт зазначаються у самій роботі.

Цикл практичних робіт виконуються в комп'ютерному класі кафедри технічних та програмних засобів автоматизації інженерно-хімічного факультету, де розміщені персональні комп'ютери. Обладнання живиться електричним

струмом напругою 220 В. Тому піл час виконання практичних робіт слід дотримуватися заходів безпеки. Інструкції з техніки безпеки та з питань пожежної безпеки наведені у першій частини посібника.

Укладачі цього навчального посібника ***висловлюють подяку***:

- один одному за плідну співпрацю;
- співробітникам кафедри технічних та програмних засобів автоматизації за усю допомогу та підтримку, надану у процесі його підготовки;
- рецензенту посібника доценту Олександру Степанцю за висловлені в процесі рецензування рекомендації та виявлені помилки;
- відповідальному редактору посібника Ярославу Жураковському за виявлені та усунуті в процесі редагування помилки;
- студентам груп ЛА-11, ЛА-12, ЛА-13, ЛА-21, ЛА-22, ЛА-23, ЛА-п21 та ЛК-п31 інженерно хімічного факультету за апробацію викладених у посібнику матеріалів під час виконання описаних тут практичних робіт у 2023 та 2024 роках, висловлені під час апробації зауваження і пропозиції;
- окремо дякуємо студентам інженерно-хімічного факультету за допомогу у розробленні навчальних прикладів виконання робіт та підготовці рукопису:
    - Белінському Олегу, Думничу Максиму – група ЛА-11;
    - Денейко Івану, Калічаку Юрію – група ЛА-12;
    - Артеменко Матвію, Гавришу Кирилу, Гальчук Анні, Стороженку Павлу, Юденку Владиславу, Юхимовичу Артему – група ЛА-13;
    - Гаврилюку Олегу, Карнацькій Альоні, Мухіну Ігорю – група ЛА-21;
    - Грицаєнку Івану – група ЛА-22.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 9
Розроблення мнемонічної схеми технологічного об'єкту керування. Зображення технологічної лінії на мнемосхемі

Мета роботи: набути практичних умінь та досвіду розроблення мнемонічних схем для застосування їх на операторських і диспетчерських пунктах керування; освоєння роботи з програмними пакетами розроблення та експлуатації комп'ютерно-інтегрованих систем диспетчеризації, моніторингу та керування.

Завдання, початкові дані та особливості виконання роботи

У роботі слід розробити мнемонічну схему технологічного об'єкту для використання на операторському або диспетчерському пункті керування. Кожен студент робить цю схему згідно зі своїм варіантом технологічної схеми. У цій роботі розробляється перша частина мнемосхеми, на якій слід зобразити технологічне обладнання та зв'язки між ним. Розроблена мнемосхема має містити наступні елементи:

- основні апарати технологічної схеми або фрагмент технологічної схеми;
- трубопроводи або інші зв'язки між апаратами;
- вентилі та насоси, які використані в технологічній схемі.

Для виконання даної роботи необхідно встановити на комп'ютері *SCADA*-систему. У навчальній аудиторії встановлена система *iFIX SCADA*, розробки компанії General Electric, навчально-ознайомча версія, яку рекомендовано застосовувати для виконання роботи. Студент може виконати роботу і у іншій *SCADA*-системі, яка йому краще відома.

Початковими даними до роботи є технологічна схема процесу або її фрагмент та відповідна їй схема автоматизації процесу.

Роботи виконується кожним студентом особисто.

Час на виконання роботи – два аудиторних заняття (180 хвилин). Студент самостійно визначає частину роботи, яку планує виконувати на першому та на другому занятті.

Нормативні документи

Документом, що регламентує розроблення мнемосхем є керівничий матеріал *РМ 4-65-74 Креслення мнемонічних схем на щитах і пультах управління. Вказівки по оформлення.* Цей документ носить рекомендаційний характер і, враховуючи його вік, регламентує розроблення щитових мнемосхем. Проте він

досі залишається у користування розробників мнемосхем, оскільки у ньому викладаються основні правила їх виконання.

У відповідності до міжнародних стандартів, мнемосхеми розглядаються як елементи людино-машинного інтерфейсу. Основним документом, що регламентує їх розроблення і є стандарт *ANSI/ISA-101.01-2015 Human Machine Interfaces for Process Automation Systems*, проте в Україні він обов'язковим не є. Цей стандарт розроблений з метою впровадженні філософії проектування, реалізації, експлуатації та технічного обслуговування людино-машинних інтерфейсів для систем автоматизації технологічних процесів. Рекомендації, що містяться в *ANSI/ISA-101.01-2015*, можуть бути застосовані до будь-якого процесу для взаємодії з системою управління за допомогою людино-машинного інтерфейсу.

Теоретичні відомості

Мнемосхема – це наочне графічне зображення сукупність пристроїв, обладнання та внутрішніх зв'язків об'єкту автоматизації, інтегроване із засобами контролю і керування. Зазвичай мнемосхема розміщуються на диспетчерських пультах на операторських панелях або на комп'ютері. Мнемосхема слугує джерелом інформації про характер і структуру зв'язків у технологічному процесі, поточний стан змінних процесу, в тому числі пов'язаних з порушенням технологічних режимів, аваріями тощо і дозволяє:

- спростити запам'ятовування ходу технологічного процесу і призначення пристроїв і органів керування;
- визначити способи дії при різних режимах роботи об'єкта;
- сприяти спрощенню пошуку і впізнання потрібної інформації для оперативного прийняття правильних рішень.

Мнемосхеми є графічними зображеннями керованих технологічних об'єктів і, як правило, повинні конструюватися з урахуванням вимог технічної естетики та інженерної психології. На мнемосхемах відображається основне обладнання, сигнали і стан регулюючих органів. Мнемосхеми можуть відображати як загальну картину стану системи, технологічного процесу, так і стан окремих агрегатів, пристроїв тощо. Допоміжний і довідковий матеріал на мнемосхемах розташовується в додаткових формах відображення, з можливостями максимально швидкого отримання цих форм.

Головне завдання мнемосхеми – це відображати логіку контрольованих і керованих процесів, сприяти спрощенню пошуку і впізнання потрібної інформації, оперативного прийняття правильних рішень.

За рівнем керування мнемонічні схема класифікуються на:

- операторські – відображають, як правило, єдиний просторово зосереджений технологічний комплекс;
- диспетчерські – відображають розосереджену систему, що включає в себе різноманітні технологічні комплекси, об'єкти, агрегати.

Залежно від того, чи виконує оператор чи диспетчер будь-які перемикання безпосередньо на мнемосхемі або чи є вона чисто інформаційним пристроєм, мнемосхеми поділяються на оперативні та неоперативні:

- оперативні мнемосхеми поряд з різними пристроями відображення, приладами, зображеними і сигнальними елементами мають органи керування індивідуального або колективного типу;
- неоперативні мнемосхеми мають лише пристрої відображення та сигналізації.

За способом охоплення об’єктів, мнемосхеми поділяють на індивідуальні і викличні:

- індивідуальні або однооб'єктні– мнемосхеми, у яких кожен інформаційний елемент пов'язаний тільки з одним датчиком, тобто ділянки схеми постійно підключені до одних і тих же об'єктів керування;
- викличні або виборчі, багатооб'єктні – мнемосхеми, у яких ділянки можуть періодично або за необхідності підключатися до кількох об'єктів, що мають однакову структуру; у викличних мнемосхемах можуть підключатися або той чи інший об'єкт, або той чи інший датчик одного об'єкта.

За допомогою викличної мнемосхеми можна значно скоротити розміри панелі, заощадити, полегшити умови роботи оператора за рахунок зменшення поля зору і спрощення схеми.

За гнучкістю зображення мнемосхеми поділяють на постійні і змінні:

- постійні – мнемосхеми, на яких постійно відображається одна і та сама схема об'єкту;
- на змінних мнемосхемах зображення в процесі роботи може істотно змінюватися в залежності від режимів роботи об'єкту: пускова схема, схема нормальної роботи, аварійна схема тощо.

Розробку мнемосхем слід виконувати, керуючись правилами:

- на мнемосхемі не повинні показуватися другорядні елементи технологічного процесу, що відволікають увагу оператора і ускладнюють пошук потрібних йому органів інформації та керування;
- мнемосхема повинна давати оператору можливість швидкої загальної оцінки ходу процесу, тому на ній повинні бути відображені всі основні контури керування, однак ступінь деталізації не повинен бути надмірним та утруднювати оцінку перебігу процесу;

- зображення схеми процесу повинно бути достатньо красивим і компактним, доступним для огляду;
- щільність розміщення символів на полі мнемосхеми не повинна бути надмірною, вона повинна дозволяти вносити необхідні зміни в подальшому, якщо буде модифікована технологія виробництва і схема процесу;
- напрямок основного технологічного потоку на мнемосхемі, як правило, приймається відповідно до загальноприйнятого напрямком письма і читання: зліва направо;
- символи технологічних апаратів, що відносяться до однієї і тієї ж виробничої ділянки, повинні зображуватися на полі мнемосхеми поблизу один одного загальною групою, і в межах таких груп розміщуватися приблизно рівномірно, різні групи слід виділяти відокремленням їх одна від одної;
- символи технологічних апаратів необхідно розміщувати на поле мнемосхеми таким чином, щоб звести до мінімуму кількість перетинів ліній мнемосхеми;
- лінії технологічних потоків між символами апаратів слід проводити найкоротшим шляхом, але дотримуючись вимог попереднього пункту;
- на лініях технологічних потоків через зручні для оператора інтервали, як правило поблизу апаратів, слід розміщувати стрілки напрямку потоків і, якщо це необхідно, пояснювальним написом.

Можна рекомендувати загальні принципи побудови:

- лаконічність – мнемосхема повинна бути максимально простою і надавати мінімальну, але адекватну для контролю і керування кількість змінних, не повинна містити другорядних елементів, інформація має відображається чіткої і конкретної, зручною для сприйняття і подальшої обробки;
- наочність – контури і пропорції апаратів наближені до виду реальних прототипів;
- максимальна лінійність зображення процесу – тобто виділяти основну лінію процесу, підкоряючись правилом візуальності: читання зліва направо і зверху вниз, мінімальне застосування паралельних контурів, що значно спростить сприйняття;
- автономність – відокремлення один від одного ділянок мнемосхеми, які відповідають окремим контрольованим і керованим об'єктам й агрегатам; ці відокремлені ділянки повинні бути чітко відокремлені від інших і мати завершену структуру, яка відрізняє їх від інших, символи різних технологічних ліній повинні розноситися на великі відстані;
- уніфікація – символи подібних об'єктів і процесів необхідно об'єднувати і уніфікувати;
- принцип використання звичних асоціацій і стереотипів передбачає застосування на мнемосхемах таких умовних позначень параметрів, які

асоціюють з загальноприйнятими літерними позначеннями цих параметрів, бажано, де це можливо застосовувати замість абстрактних знаків символи, що асоціюються з об'єктами і процесами;

- візуальний акцент до елементів контролю і керування – елементи, які є важливими для оцінки стану, прийняття рішення і дії на керований об'єкт повинні бути виділені розмірами, формою або кольором, що допомагає швидко орієнтуватися, визначати і усувати відхилення і несправності;
- принципом просторового співвіднесення елементів контролю і керування розташування контрольно-вимірювальних і індикаторних приладів має бути чітко узгоджена з розташуванням відповідних їм елементів керування, тобто повинен дотримуватися закон спільності стимулу і реакції;
- врахування людського фактору – мнемосхема повинна розроблятися і вдосконалюватися з урахуванням думки персоналу.

Символи або умовні знаки, які використовуються на мнемосхемах, не повинні мати ніякої зовнішньої схожості і не створювати асоціацій з відображеними об'єктами і явищами, які не мають відношення до мнемосхеми. В процесі розроблення мнемосхем важливий оптимальний вибір форм використовуваних символів. За формою символи повинні являти собою замкнутий контур. Допоміжні елементи і лінії не повинні перетинати контур символу або яким-небудь іншим способом ускладнювати читання. Підвищені вимоги повинні пред'являтися до символів, що сигналізують про функціональний, особливо аварійний стан окремих агрегатів або об'єктів. Як правило, кольори зображення символів технологічних апаратів і ліній повинні приблизно збігатися з їх фактичним забарвленням.

Всі *SCADA/HMI*-системи мають в своєму складі засоби, що дозволяють створювати як статичні елементи мнемосхем, які містять контурні зображення технологічних апаратів, трубопроводи тощо, так і анімувати ці елементи, створювати динамічні об'єкти. До складу цих засобів входять:

- набори графічних примітивів: лінія, прямокутник, еліпс, криві, текст тощо і засоби їх компонування для створення унікальних власних об'єктів;
- готові бібліотеки типових графічних об'єктів: технологічні об'єкти, апарати, механізми, машини тощо;
- табло, покажчики, повзунки, кнопки, перемикачі, службовці для відображення змінних і керування процесом.

Для побудови мнемосхеми спочатку промальовують статичне зображення робочого вікна. Зазвичай це апарати технологічного процесу або їх технологічна послідовність, трубопроводи, фон, пояснювальний текст тощо. Наступним кроком є надання мнемосхемі динаміки, тобто анімація намальованих або обраних з бібліотек елементів. Під анімацією розуміється здатність елементів змінювати

свої властивості зі зміною змінних технологічного процесу. Змінюваними властивостями є товщина, колір і стиль лінії, колір і стиль заливки фігур. а також розмірів, положення і орієнтація елементів. На мнемосхемах може передбачатися безпосереднє введення змінних цифрами, текстом, повзунковими пристроями тощо і керування процесом за допомогою кнопок і перемикачів, наприклад «Пуск / Стоп».

Для подачі інформації на моніторі комп'ютера виділяють інформаційні зони. Можливе як вертикальне, так і горизонтальне розміщення цих зон. Такий підхід проєктування розвантажує мнемосхему, дає можливість отримати потрібну інформацію про ті об'єкти, які заслуговують уваги в даний момент. У випадку вертикального розміщення зон область додаткової інформації розташована правіше області основної інформації, а область перемикання вікон відсутня. Така структура розміщення пов'язана, в першу чергу, з розмірами об'єктів і найкраще підходить для випадків, коли процес, що відображається на мнемосхемі, невеликий за обсягом. Це дозволяє відвести більше простору для пояснювальної інформації. Дану компоновку областей можливо застосовувати і для спливаючих вікон для детального розгляду окремих ділянок технологічного процесу. Основні зони мнемосхеми наведені на рисунку 9.1

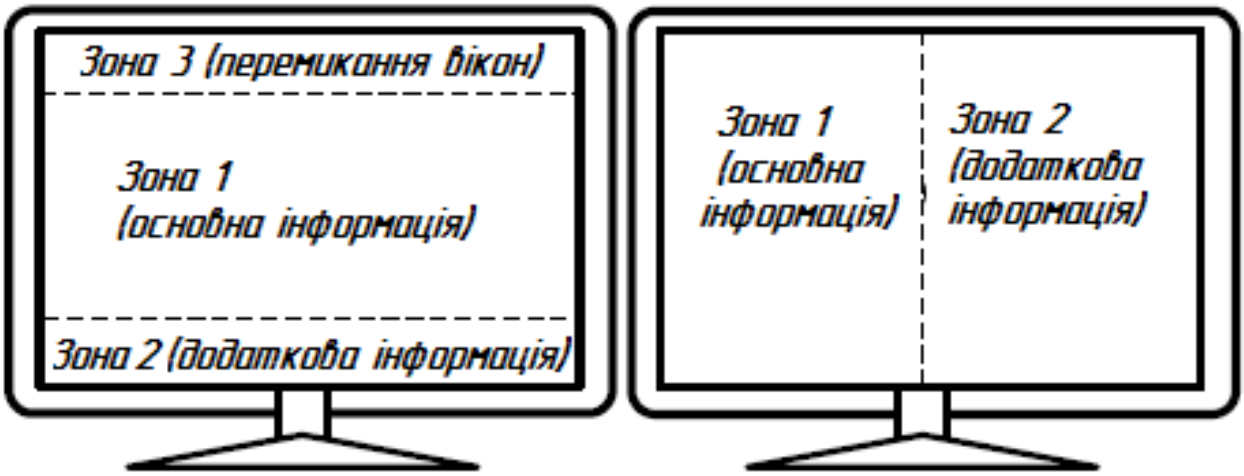


Рисунок 9.1 – Розташування інформаційних зон на моніторах для комп'ютерного проєктування мнемосхем.

- зона основної інформації – відображає загальну структуру технологічного процесу, у ній розташовані основні апарати, трубопроводи, а також інформаційне навантаження, що супроводжує технологічний процес;
- зона додаткової інформації – тут можуть розташовуватися кнопки графіків трендів, звітів, «Пуск / Стоп» тощо;
- зона перемикання – обумовлена неможливістю раціонального відображення всієї інформації в одному вікні (так зване «прокляття формату»); за

допомогою засобів у цій зоні можливо викликати додаткові вікна на яких більш детально деталізовані сигналізації, тренди, окремі ділянки процесу.

Приклад виконання роботи

Побудову мнемосхеми розглянемо на прикладі технологічної схеми виробництва розчину соляної кислоти шляхом фільтрації та змішування з водою, спрощене зображення якої подано на рисунку 9.2.

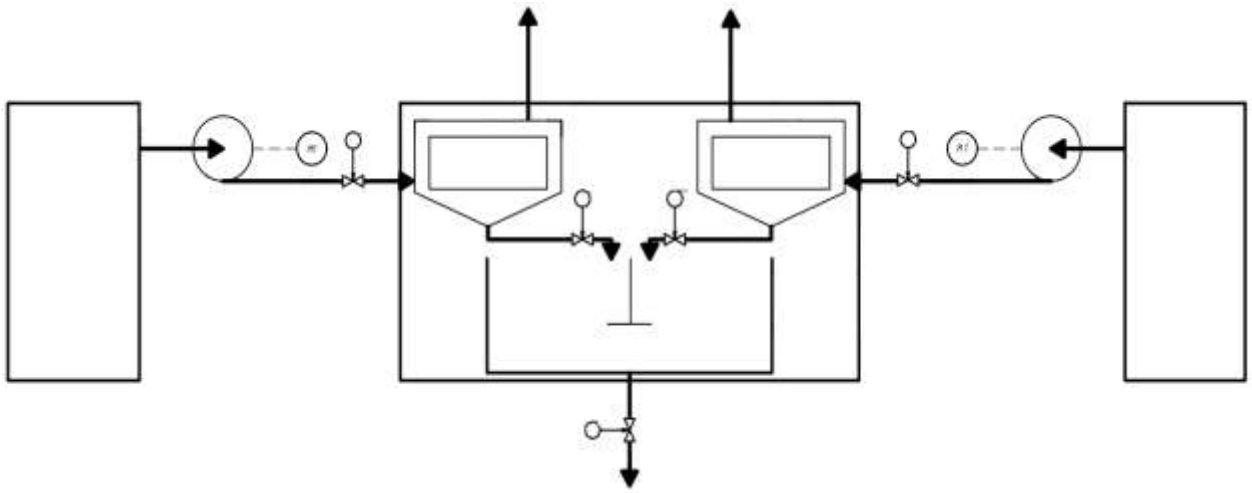


Рисунок 9.2 – Технологічна схема виробництва розчину соляної кислоти шляхом фільтрації та змішування з водою. Спрощене зображення. Навчальний приклад

Перед тим, як перейти до виконання мнемосхеми, слід встановити і запустити середовище *iFIX SCADA*. Для запуску необхідно натиснути на піктограму *iFIX* у стартовому вікні (рисунок 9.3).

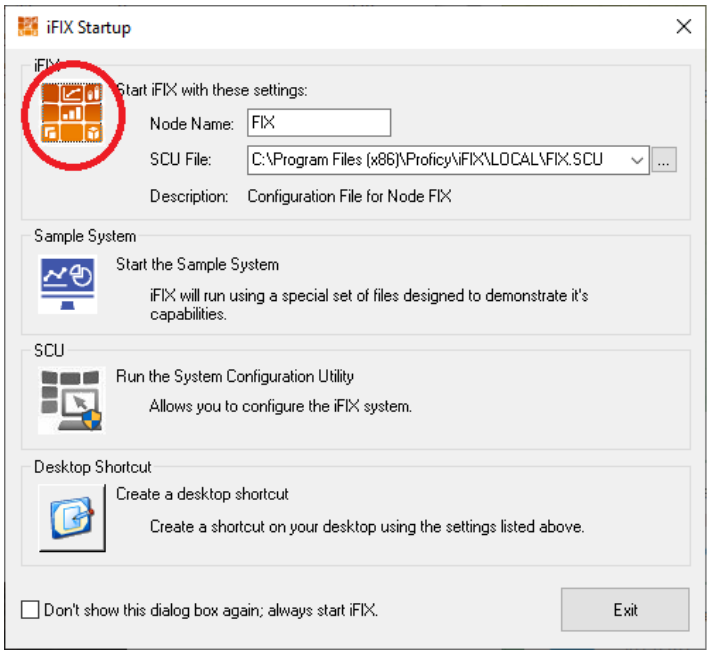


Рисунок 9.3 – Стартове вікно *iFIX SCADA*.

Зверніть увагу. що це навчальна версія програми. тому ліміт її використання становить дві години, після чого потрібно зберегти файл з проєкту і перезапустити програму (рисунок 9.4).



Рисунок 9.4 – Попередження про ліміт використання робочого середовища

Після запуску програми, бачимо наступне вікно з робочим середовищем, створення проєкту з панеллю інструментів у верхній частині та деревом проєкту у лівій частині екрану (рисунок 9.5).

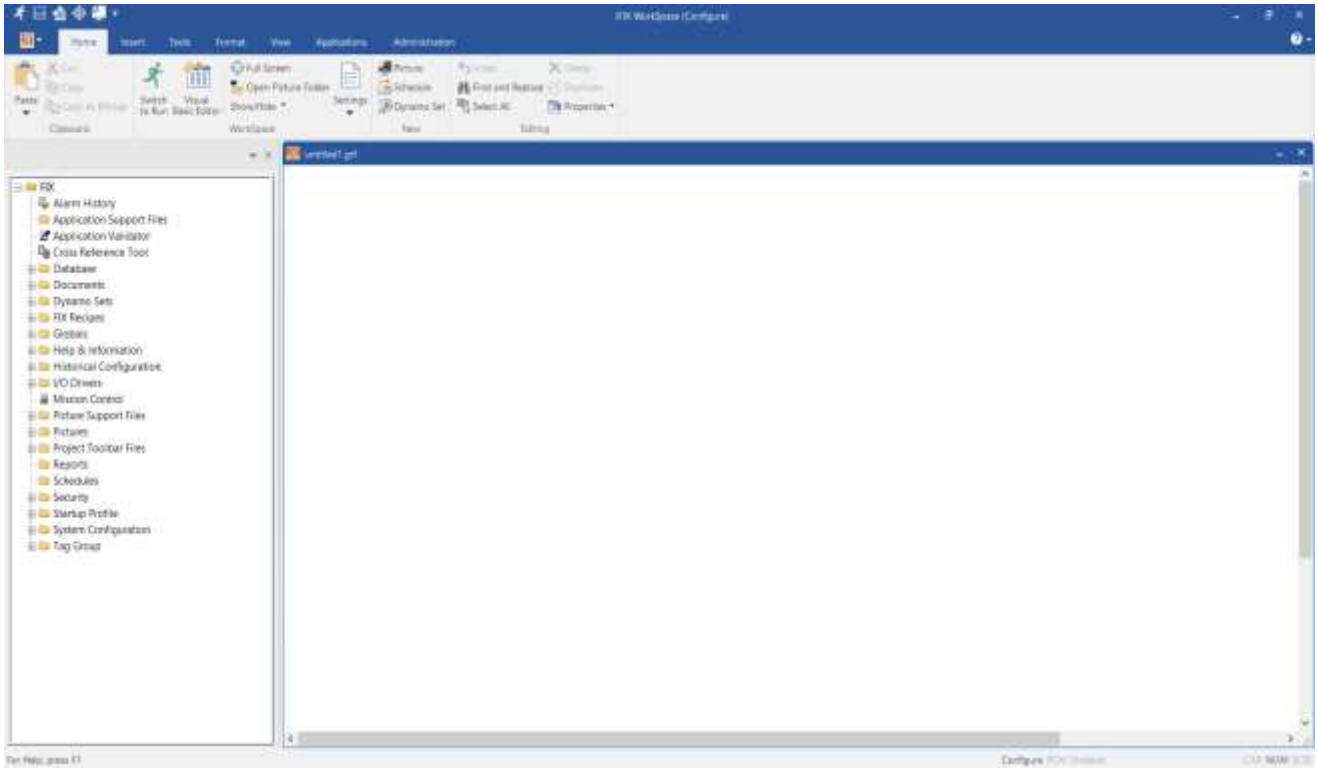


Рисунок 9.5 – Робоче середовище проєкту *iFIX SCADA*

Наступний етап виконання роботи – це створення проєкту. Для цього натискаємо *WorkSpace Button* і обираємо *New – Picture* (рисунок 9.6). Після чого може відкритися вікно *Picture Wizard* (рисунок 9.6), у якому слід обрати створення нової мнемосхеми х параметрами за замовчуванням *Create a Default "Untitled" Picture.*

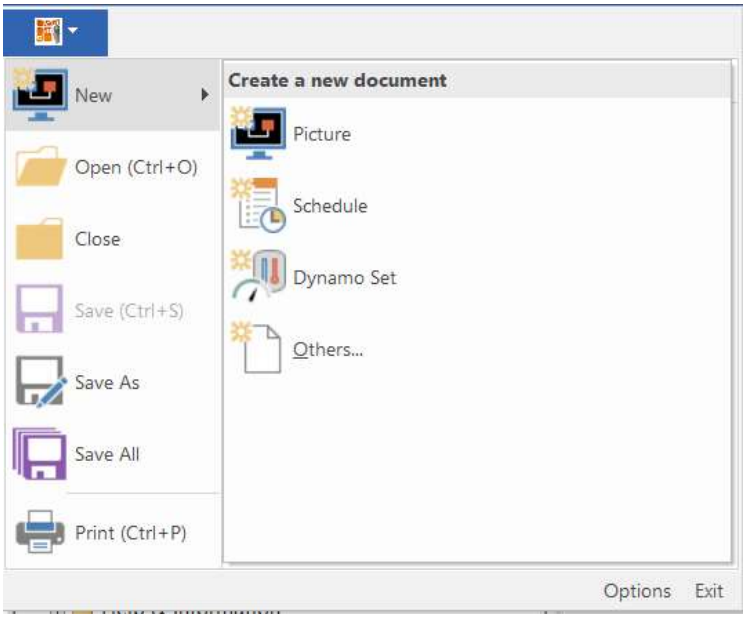


Рисунок 9.6 – Створення нового проєкту *iFIX SCADA*

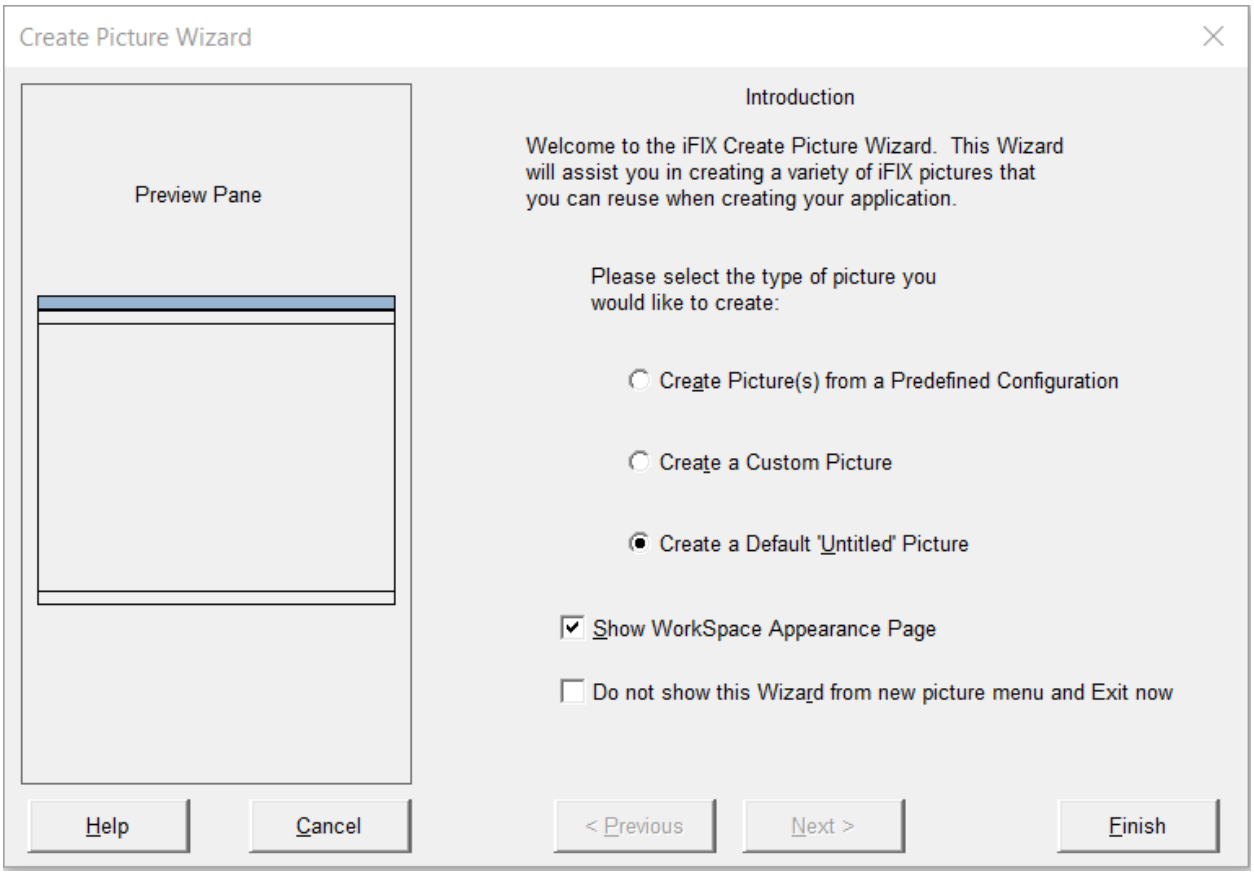


Рисунок 9.7 – Вікно *Picture Wizard* нового проєкту *iFIX SCADA*

Тепер можна приступити власне до створення мнемосхеми на основі технологічної схеми або схеми автоматизації. Фізико-хімічні процеси що протікають в апаратах під час побудови мнемосхеми не враховуються. Для побудови ми будемо використовувати матеріали, що знаходяться в дереві проекту на вкладці *Dynamo Sets* (рисунок 9.8).

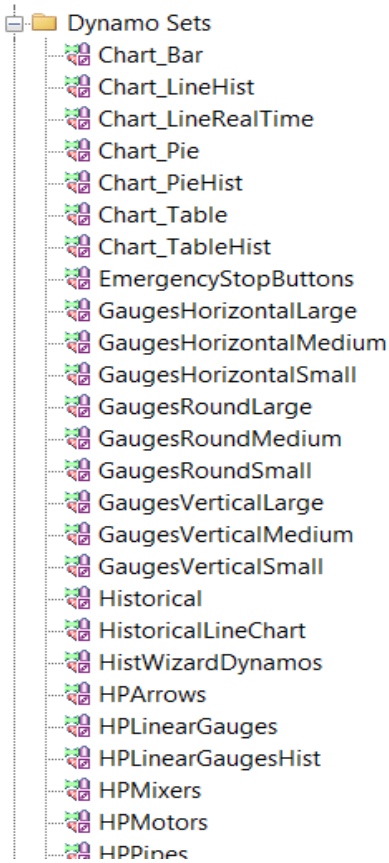


Рисунок 9.8 – Гілка дерева проєкту *Dynamo Sets*, у якій здійснюється вибір елементів для побудови мнемосхеми *iFIX SCADA*.

Розглянемо приклади використання деяких елементів мнемосхеми. Для використання фільтру для води обираємо вкладку *Miscellaneous* (рисунок 9.9) і обираємо необхідний апарат. Обираємо потрібний елемент шляхом перетягування в робочу зону («*drag-and-drop*»).



Рисунок 9.9 – Гілка дерева проєкту *Dynamo Sets – Miscellaneous* у *iFIX SCADA*.

Система дозволяє змінити геометричні розміри об’єкта. Викликавши для перетягнутого елементу контекстне меню можна змінити і інші його налаштування. Геометричні зображення апаратів можна знайти і на інших гілках *Dynamo Sets*, наприклад: *StorageTanks, Tanks* – ємності, *Motors* – двигуни тощо. Побудова мнемонічного зображення всіх апаратів, незалежно від вкладки, робиться аналогічно описаному вище.

Для побудови трубопроводу використовуємо гілки *Pipes* і обираємо необхідний фрагмент, в залежності від того який розмір і тип елементу потребуємо (рисунок 9.10).

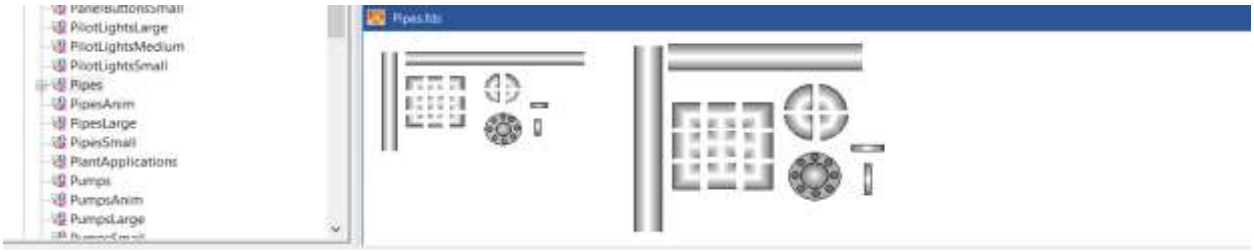


Рисунок 9.10 – Гілка дерева проєкту *Dynamo Sets – Pipes* для побудови зображень трубопроводів у *iFIX SCADA.*

Для побудови вентилів користуємося гілками *Pumps* різних видів, наприклад, *PumpsAnim*, зображену на рисунку 9.11.

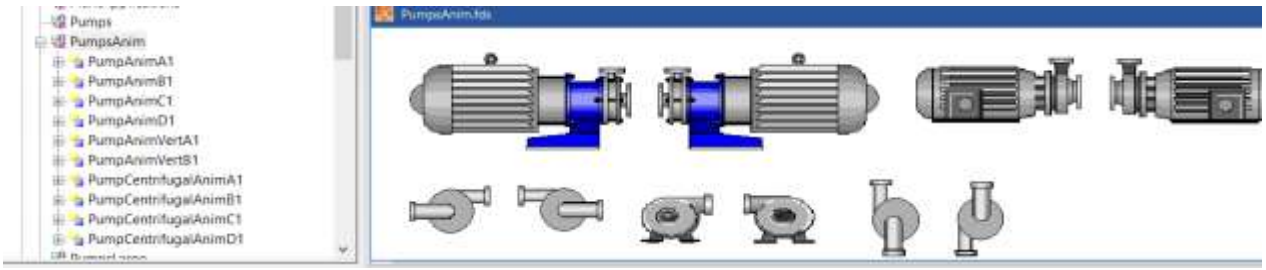


Рисунок 9.11 – Гілка дерева проєкту *Dynamo Sets – PumpsAnim* для побудови зображень насосів у *iFIX SCADA.*

Для побудови вентилів використовуємо вкладки *Valves*, наприклад *ValvesAnim* зображену на рисунку 9.12.

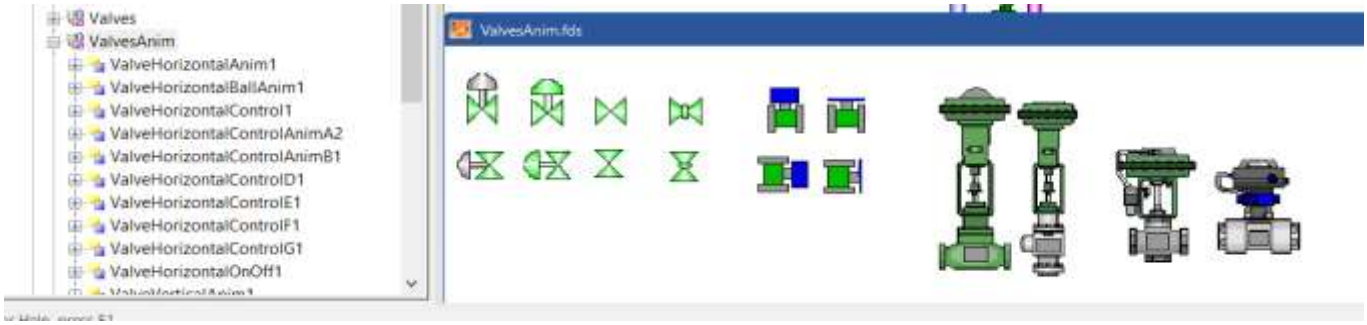


Рисунок 9.12 – Гілка дерева проєкту *Dynamo Sets – ValvesAnim* для побудови зображень вентелів у *iFIX SCADA.*

Після визначення всіх необхідних компонентів схеми приступаємо до її виконання використовуючи кнопку *Switch to Run* на панелі інструментів (рисунок 9.13).

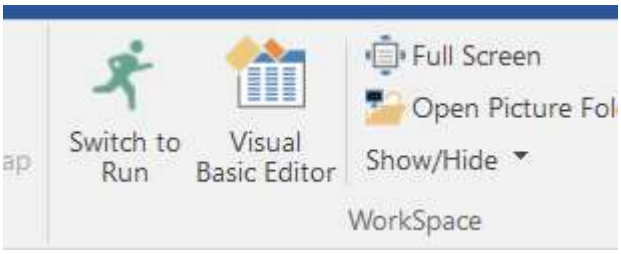


Рисунок 9.12 – Кнопка запуску мнемосхеми на виконання у *iFIX SCADA*.

Мнемосхема, яка відповідає запропонованому прикладу зображена на рисунку 9.13

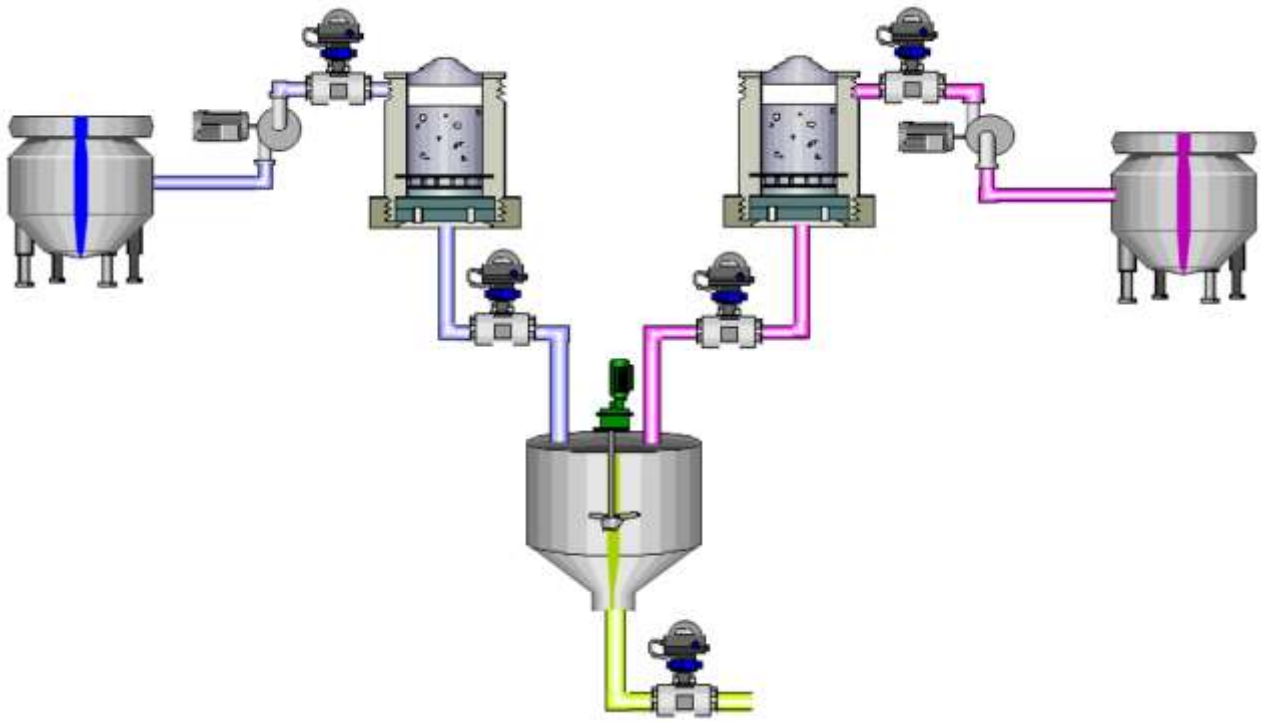


Рисунок 9.13 – Мнемосхема у режимі виконання (навчальний приклад).

Оформлення результатів виконання роботи

Результатом роботи є частково розроблена мнемонічна схема, зображення якої має містити технологічну лінію процесу. Частково розроблена мнемосхема має враховувати її використання для подальшої побудови на ній засобів контролю та керування. Мнемосхема оформлюється засобами системи *SCADA*. Виконана мнемонічна схема здається у вигляді електронного документу у форматах *.pdf* або *.jpeg*. Файл проєкту *SCADA*-системи має зберігатися студентом до завершення навчального семестру.

Контрольні запитання та завдання

1. Що таке мнемосхема? Де її розміщують?
2. Які документи регламентують розроблення мнемосхем?
3. Що відображає мнемосхема? У чому полягає основне завдання мнемосхеми? Яка мета застосування мнемосхем?
4. Наведіть ознаки класифікації мнемосхем?
5. Які правила розробки мнемосхем? У чому полягають принципи побудови мнемосхем?
6. Що таке *SCADA*-системи? Які можливості *SCADA*-системи системи у розробленні мнемосхем:
7. Наведіть етапи будови мнемосхем в *SCADA*-системі?
8. Що таке інформаційні зони мнемосхеми? Яка їх функціональність?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 10
Розроблення мнемонічної схеми технологічного об'єкту керування. Зображення засобів контролю та керування на мнемосхемі

Мета роботи: набути практичних умінь та досвіду розроблення мнемонічних схем для застосування їх на операторських і диспетчерських пунктах керування; освоєння роботи з програмними пакетами розроблення та експлуатації комп'ютерно-інтегрованих систем диспетчеризації, моніторингу та керування.

Завдання, початкові дані та особливості виконання роботи

У цій роботі до попередньо розробленої першої частини мнемосхеми, слід додати зображення засобів контролю та керування та можливостей перегляду часових трендів зміни технологічних параметрів. Розроблена мнемосхема має містити наступні елементи:

- технологічну лінію, зображену у попередній роботі;
- не менше ніж 8 зображень засобів контролю та керування;
- не менше 10 сигнальних ламп;
- передбачати можливість перегляду не менше ніж двох часових трендів технологічних параметрів;
- обчислити коефіцієнт інформативності та коефіцієнт заповнення поля мнемосхеми.

Початковими даними до роботи є технологічна схема процесу або її фрагмент та відповідна їй схема автоматизації процесу.

Роботи виконується кожним студентом особисто.

Час на виконання роботи – одне аудиторне заняття (90 хвилин).

Нормативні документи

Відомості про нормативні документи з побудови мнемонічних схем наведено у попередній роботі.

Теоретичні відомості

Основні теоретичні відомості з побудови мнемонічних схем наведено у попередній роботі. З урахуванням основних принципів компонування мнемосхем і взаємодії оператора операторів з мнемосхемою, розглянемо основні технічні вимоги, пропоновані до взаємного розташування засобів відображення інформації, органів керування й індикації, індикаторних панелей і їх характеристик.

Оператор повинен мати можливість перегляду і збереження поточної інформації, ведення поточних записів, а також взаємодії з об’єктом керування у реальному часі. Таким чином, повинні бути забезпечені:

- функціональний зв’язок між устаткуванням і оператором;
- максимальний огляд інформаційного поля і засобів відображення інформації;
- наявність зорових і звукових зв’язків між оператором і устаткуванням, а також між операторами;
- однозначність сприйняття знакової інформації.

Встановлюючи пріоритет на місце розташування органів керування і пристроїв відображення інформації необхідно керуватися наступними правилами:

- органи найвищого пріоритету розташовуються в оптимальних зонах;
- аварійні засоби розташовуються у зрозумілих і легко доступних місцях і викликаються на мнемосхемах простим і однозначним способом;
- другорядні (тобто такі, що використовуються нечасто) засоби мають найменший пріоритет розміщення, їх розташовують на допоміжних вікнах мнемосхеми.

Для групування засобів контролю та керування на мнемонічних схемах слідують наступним правилам:

- індикатори групуються в логічні блоки, щоб полегшити зчитування інформації;
- при великій кількості індикаторів їх розташовують поруч;
- в разі послідовного застосування органів керування їх розташовують так, щоб можна було здійснювати операції спостереження і керування в наступному порядку: по горизонталі зліва направо, по вертикалі зверху вниз, у рядах – зверху вниз і зліва направо у межах ряду.

При розташуванні за принципом взаємозв’язку діють наступні правила:

- розташування органів керування й індикації відповідати просторовій орієнтації зв’язаних з ними компонентів устаткування;
- усі пристрої відображення інформації варто розташовувати у верхній частині вікна мнемосхеми, а всі органи керування – у нижній, так, щоб кожен орган керування займав таке саме відносне положення, що і зв’язаний з ним індикатор;
- якщо індикатори в горизонтальних рядах зв’язані з органами керування в колонках і навпаки, то лівий індикатор відповідає верхньому органу керування, а крайній правий – нижньому;
- якщо всі органи керування розміщені в одному вікні мнемонічної схеми, а зв’язані з ним індикатори – в іншому, то органи керування повинні займати положення, що відповідають положенням зв’язаних з ними індикаторів.

З огляду на дискретність спостережень і точність показань стрілкових і цифрових приладів, їх зображення на мнемосхемах використовують, керуючись наступними правилами. Там, де потрібно оператору точна кількісна інформація про миттєві значення параметрів без зіставлення значень чи пошуку відхилення, рекомендується застосовувати цифрові прилади. У випадках, де потрібно зіставляти значення декількох параметрів або оцінювати відхилення параметру від заданого, варто віддавати перевагу стрілковим приладам і індикаторам. Точність подання числових значень на мнемосхемах не повинна перевищувати потрібну для ефективного керування. Рекомендується відмічати на зображеннях приладів межі різних режимів роботи: норма – відхилення – аварія. Кращими є індикатори, в яких вигляд цифр мають тільки основні поділки а всі написи і цифри подані за допомогою простої конфігурації. Рекомендується віддавати перевагу вертикальному розміщенню індикаторів. Без крайньої необхідності, категорично не рекомендується використання на мнемонічних схемах зображень приладів зі змінними, опуклими або нерівномірними шкалами.

Напис на зображеннях приладів, індикаторах та сигнальних табло повинен чітко розрізнятися. Текст на сигнальних табло має бути максимально коротким і однозначно зрозумілим. Мигання та зміну кольорів варто застосовувати для аварійних і попереджувальних сигналів.

Для оцінювання мнемосхем використовуються:

- коефіцієнт інформативності – відношення числа пасивних (статичних) і активних (динамічних) елементів;
- коефіцієнт заповнення поля – відношення числа пасивних елементів мнемосхем до загальної кількості елементів мнемосхеми.

Приклад виконання роботи

На розробленій у попередній роботі мнемосхемі необхідно зобразити засоби контролю на керування. У якості мнемосхеми використаємо просте зображення ємності, зображене на рисунку 10.1.

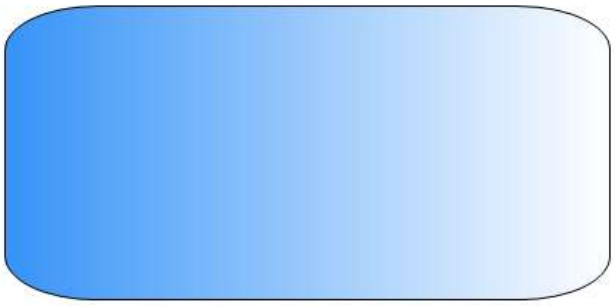
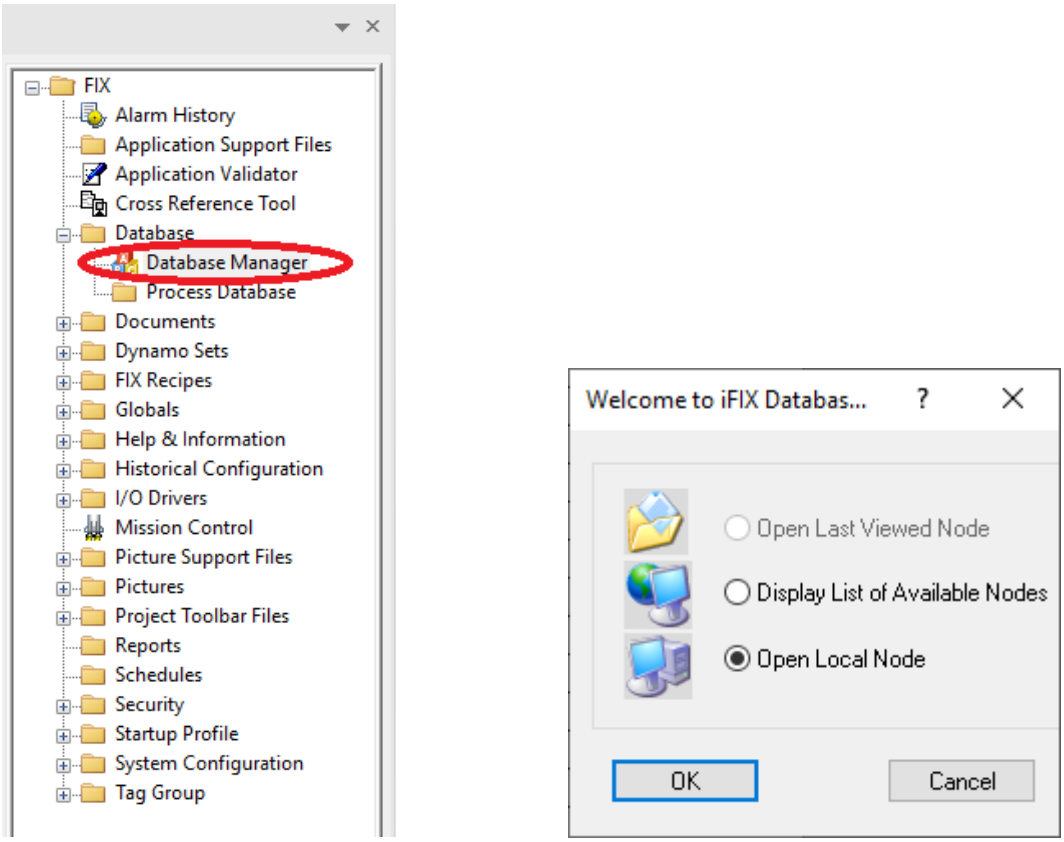


Рисунок 10.1 – Базова мнемосхема (навчальний приклад).

Для того, щоб відображати ступінь заповнення ємності скористаємося різними кольорами. Кольори встановлюються через пункт контекстного меню *Color*. Колір порожньої частини ємності встановлюється у підпункті *Background*, колір заповненої частини – у підпункті *Fade*…

На першому етапі роботи потрібно встановити відповідні теги для подальшого підключення мнемонічних зображень приладів і інших засобів відображення. Для створення тегу потрібно у дереві проєкту розкрити гілку *Database* та потрапити в *Database Manager* (рисунок 10.2.а). Таку ж команду можна викликати через вкладку панель інструментів *Application*. Обираємо локальне розміщення бази тегів *Open Local Node* (рисунок 10.2.б).



а) б)

Рисунок 10.2 – Database Maneger у дереві проєкту (а) та вибір місця розміщення бази тегів (б).

Тепер можемо працювати в *Database Manager*. Для створення тегу потрібно натиснути на *Add* в вкладці *Home*, або двічі натиснути на порожнє поле таблиці (рисунок 10.3).

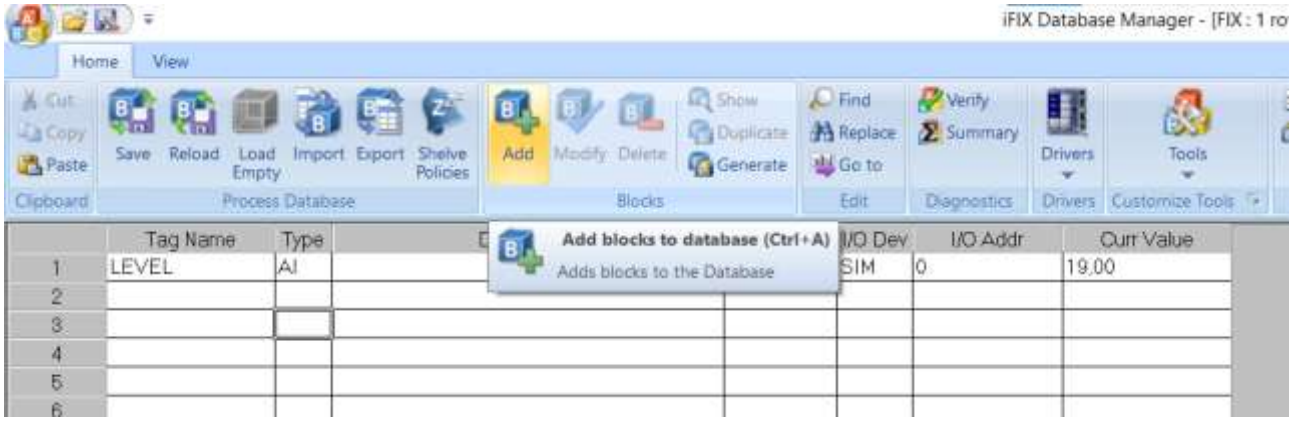


Рисунок 10.3 – Вікно *Database Maneger*, додавання тегу.

Після чого відкриється меню з вибором типу тегу. Тип тегу залежить від функціоналу, який планується йому надати. Деякі найчастіше застосовувані типи тегів і пояснення до них наведено у таблиці 10.1. Більш детально про кожен з типів тегів можна дізнатися у документації *iFIX SCADA* за посиланням: https://www.ge.com/digital/documentation/ifix

Таблиця 10.1 – Найбільш часто застосовувані типи тегів *iFIX SCADA*.

Назва тегу	***Опис***
Analog Alarm	Відображає аналогове значення та генерує аварійний сигнал
Analog Input	Отримання аналогового сигналу з датчика
Analog Output	Видача аналогового сигналу на зовнішній пристрій
Analog Register	Зберігання аналогового значення в регістрі
On-Off Control	Управління дискретним сигналом (*On*/*Off*)
Boolean	Зберігання дискретного значення
Digital Input	Отримання дискретного цифрового сигналу (0/1)
Digital Output	Видача дискретного цифрового сигналу (0/1)

Увага. Кожному окремому параметру відповідає окремий тег відповідного типу.

У прикладі, який розглядається, ми плануємо використати тег, через який буде показуватися значення величини, яке зчитується з об’єкту керування. У такому разі використовується тег типу *Analog Input* (рисунок 10.4.).

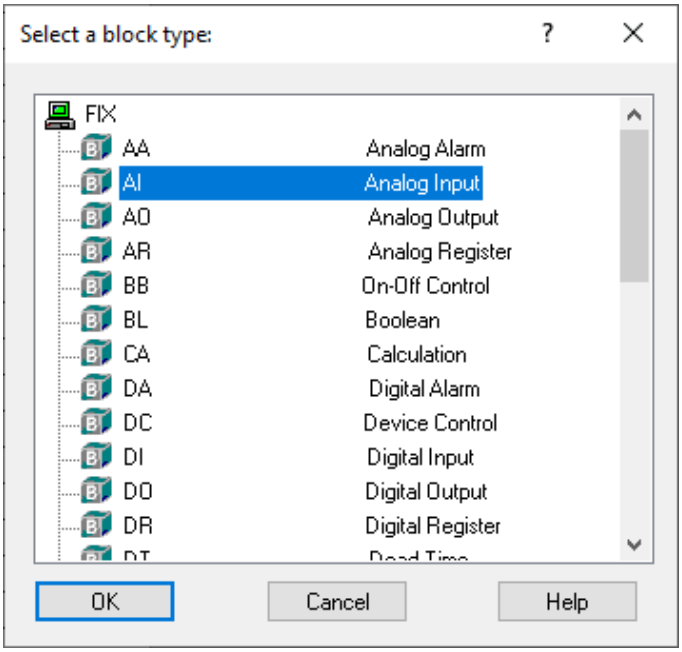


Рисунок 10.4 – Вибір типу тегу *Analog Input*.

Після вибору автоматично відкриється вікно з параметрами тегу (рисунок 10.5). У цьому вікні у вкладці *Basic* записуємо ім'я тегу (*Tag Name*) – *LEVEL*. Оскільки у нас відсутнє реальне джерело значень виміряної величини, будемо його імітувати. Для цього в адресації у графі *Driver* встановимо значення *SIM Simulation Driver*, якщо воно не встановлене за замовчуванням. Значення інших параметрів залишаємо встановленими системою за замовчуванням.

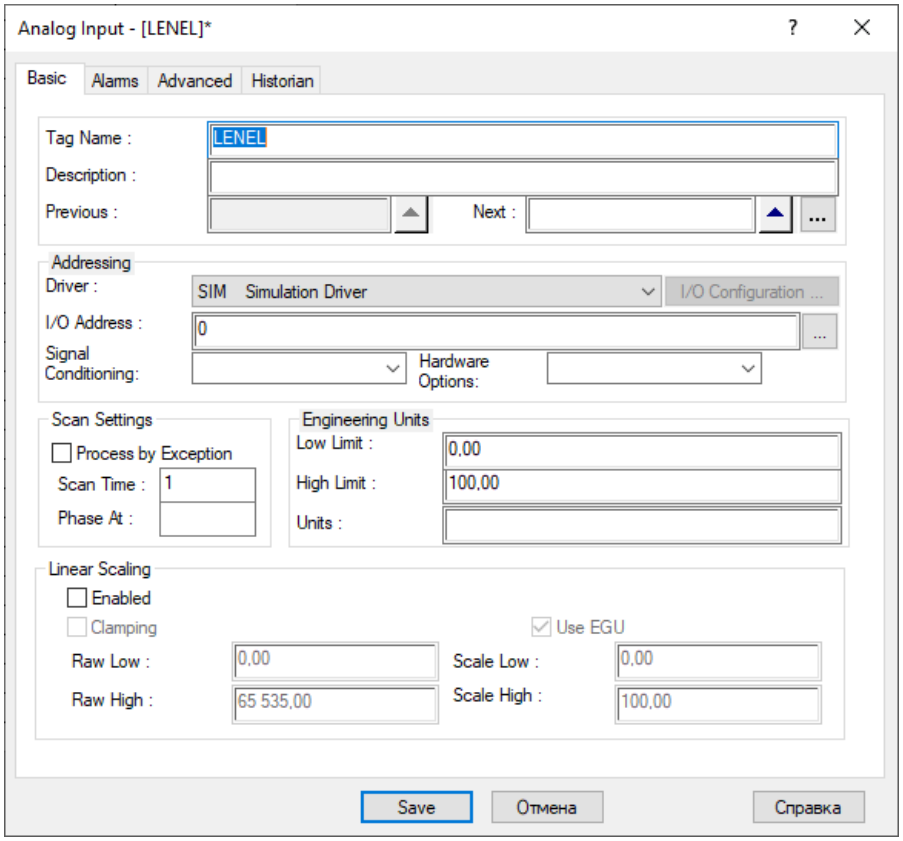


Рисунок 10.5 – Вікно параметрів тегу типу *Analog Input*, вкладка *Basic*.

У в кладці *Alarms* (рисунок 10.6) встановлюємо граничні параметри:

- *Low Low* – мінімальне критичне значення;
- *Low* – мінімальне допустиме значення;
- *High* – максимальне допустиме значення;
- *High High* – максимальне критичне значення.

Вказані значення обираються виходячи з фізичного змісту технологічного параметру, для якого встановлюється тег. Значення, запропоновані на рисунку 10.6 можна використати, наприклад, для сигналізації про переповнення або спорожнення ємності з робочим розчином або іншою технологічною рідиною. У вкладках *Advanced* проставляємо прапорець у опції *Enable Output*, у вкладці *Historian* залишаємо значення, запропоновані системою за замовчуванням. Після натискання кнопки *Save* відкриється вікно підтвердження створення тегу (рисунок 10.7). У цьому вікні перевіряємо обрані параметри та підтверджуємо тег натисканням кнопки *Yes*.

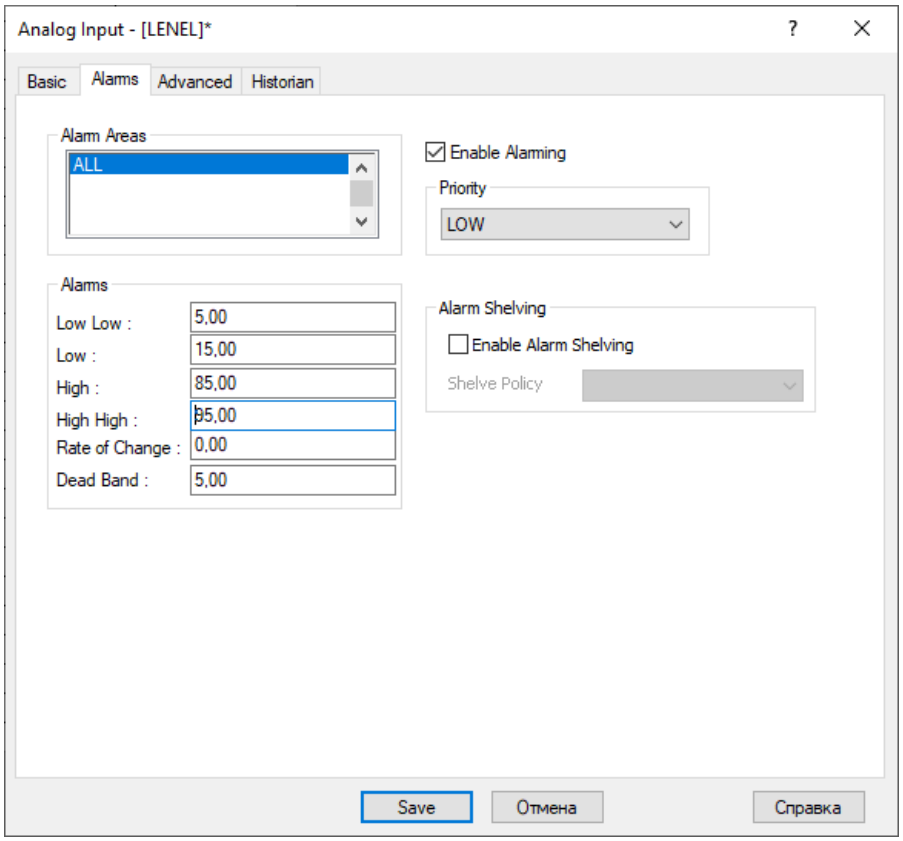


Рисунок 10.6 – Вікно параметрів тегу *Analog Input*, вкладка *Alarms*.

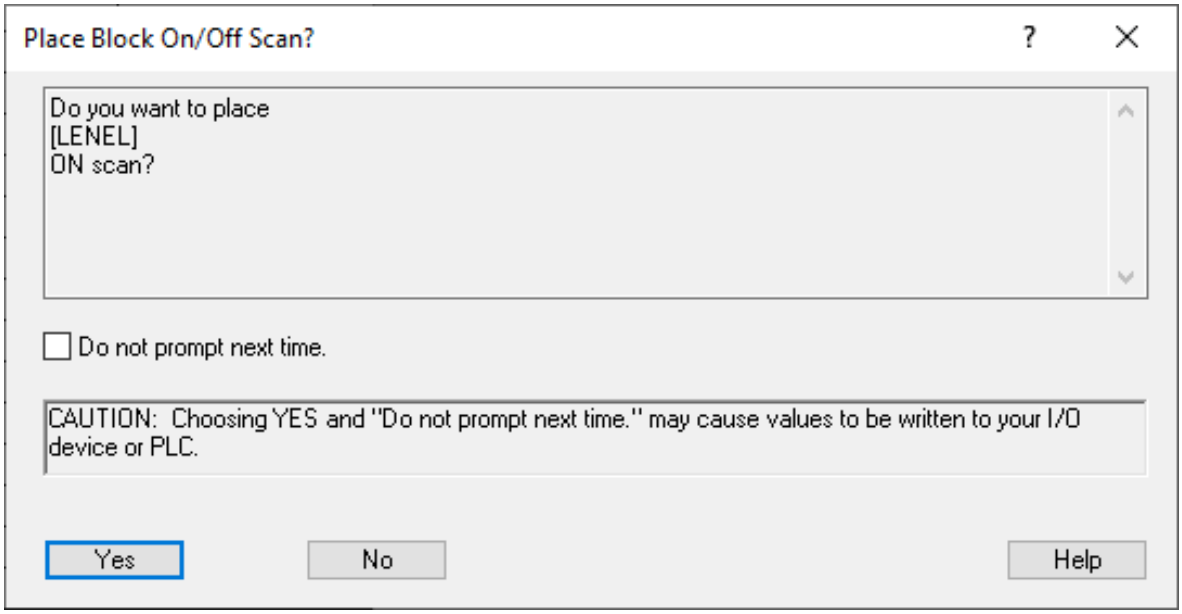
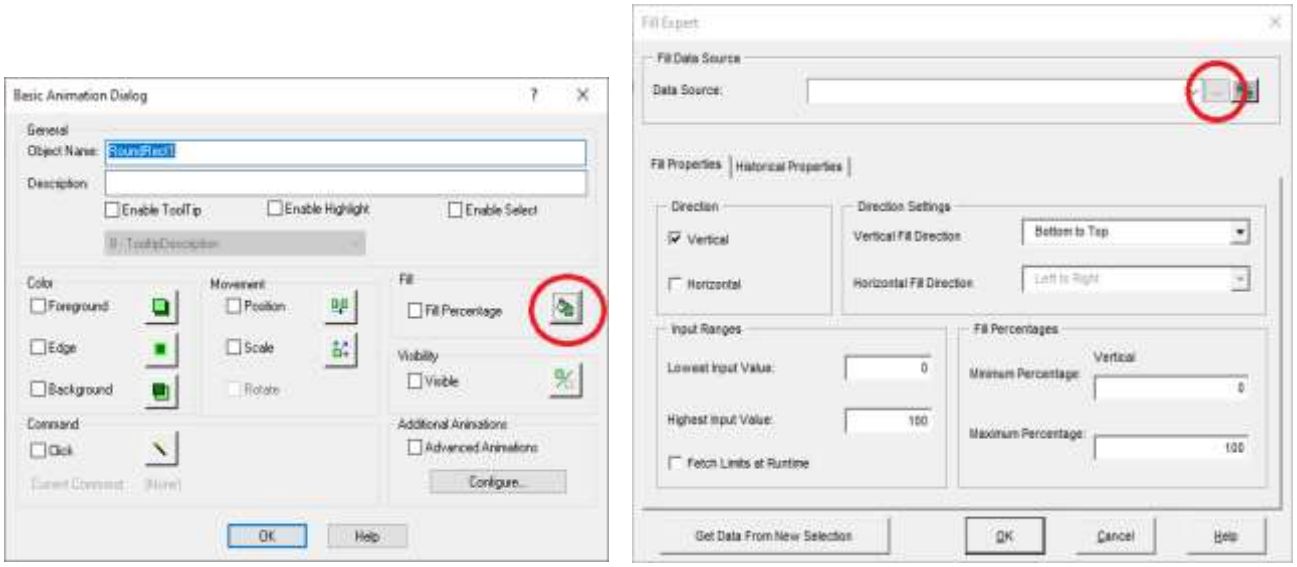


Рисунок 10.7 – Модальне вікно підтвердження створення тегу.

Оскільки наша мнемосхема не прив’язана до реального об’єкту і на неї не надходять реальні дані, введемо їх самостійно. Для цього у стовпці *Curr Value* вікна *Database Maneger* вводимо деяке значення (у прикладі на рисунку 10.3 введено значення «19»). Після чого оновлюємо дані в тезі. Для цього наводимо курсор миші на рядок створеного тегу, викликаємо контекстне меню та обираємо у ньому пункт *Refresh*. Якщо введене значення збереглося то тег спрацював вірно. Після чого зберігаємо базу тегів натисканням кнопки *Save* на основній панелі інструментів та закриваємо вікно *Database Maneger*.

Тепер виконаємо прив’язку створеного тегу до розробленої мнемосхеми. Для цього повернемося у вікно редагування мнемосхеми і на рисунку двічі натискаємо на мнемонічне зображення ємності. Це призведе до виклику вікна налаштування зображення *Basic Animation Dialog* (рисунок 10.8.а). У цьому вікні можна налаштувати, зокрема, елементи анімації, але спершу виконаємо саме прив’язку. Для цього натискаємо кнопку праворуч від параметру *Fill Percentage*, після чого відкриється вікно *Fill Expert* (рисунок 10.8.б).



а. б.

Рисунок 10.8 – Прив’язка тегу до зображення об’єкту на мнемосхемі. Вікна *Basic Animation Dialog* (а) та *Fill Expert* (б).

У вікні *Fill Expert* у рядку *Data Source* натискаємо кнопку з трьома крапками. Після цього відкриється вікно підключення тегів *Expression Builder* (рисунок 10.9). Це дуже важливе вікно і само воно відповідає за прив’язка тегу до об’єктив мнемосхеми у *iFIX SCADA*. Для прив’язки **послідовно** обираємо: у полі *Node Name – FIX*, у полі *Tag Names* – ім’я створеного тегу, у нашому випадку *LEVEL*, у полі *Field Names – F_CV* (скорочення від *Current Value* – поточне значення). Для прискорення пошуку можна попередньо натиснути кнопку *F_...* внизу поля *Field Names*. Після чого натисненням кнопки *OK* повертаємося у вікно *Fill Expert* і проставляємо прапорець біля параметру *Fetch Limits at Runtime*. Прив’язка тегу до зображення графічного об’єкту виконана.

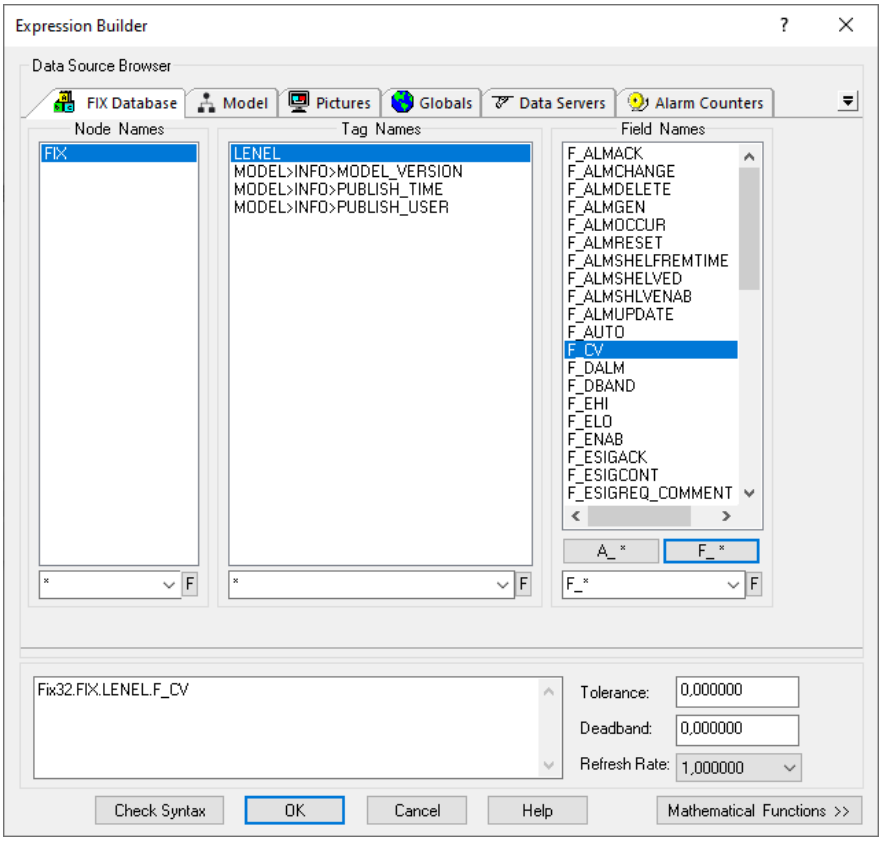


Рисунок 10.9 – Вікно підключення тегів *Expression Builder*.

Тепер прив’яжемо цей тег до зображення показуючого приладу, сигнальних ламп та часового тренду. Побудуємо зображення приладу на мнемосхемі. Для цього у дереві проєкту треба відкрити гілку *Dynamo Sets*, обрати будь-який з рядків, назва якого починається з *Gauges* і серед них вибрати зображення показуючого приладу на свій смак. На рисунках 10.10 і 10.11 наведені приклади зображень стрілкових приладів та вертикальних індикаторів.

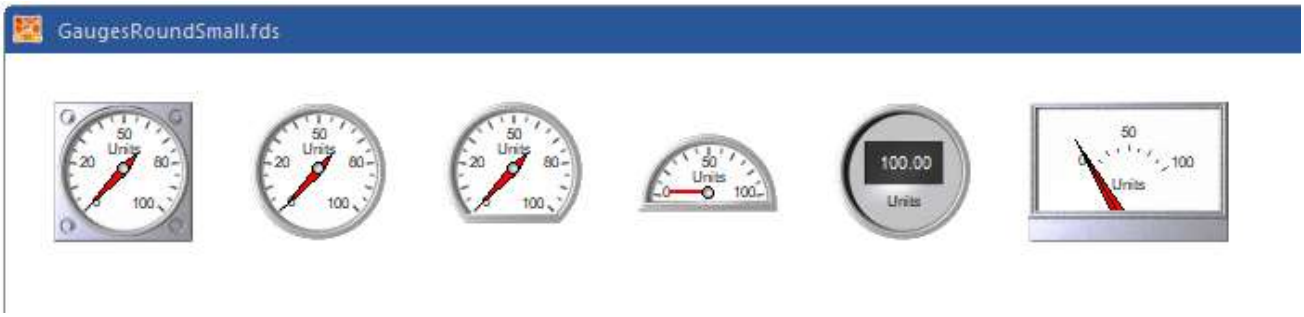


Рисунок 10.10 – Зображення стрілкових приладів *iFIX SCADA*.

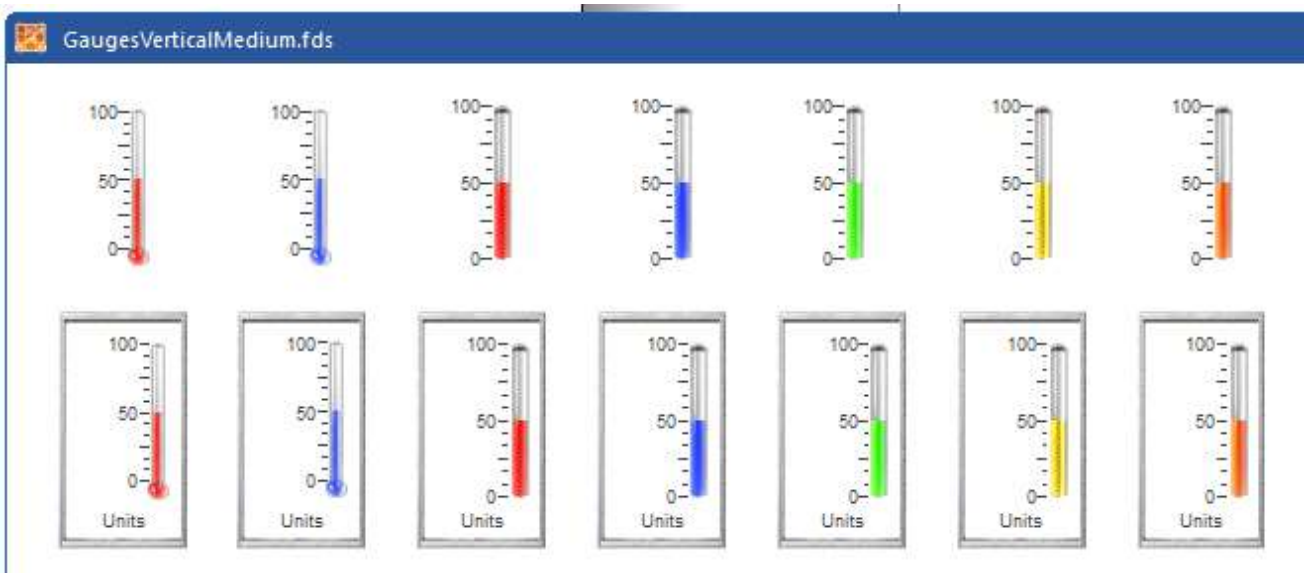


Рисунок 10.11 – Зображення вертикальних індикаторів *iFIX SCADA*.

Одразу після перетягування зображення обраного приладу («*drug and drop*») на мнемосхему, система запропонує підключити до нього тег і автоматично відкриється вікно *Gauge Dynamo*, зображене на рисунку 10.12. У цьому вікні, так само як і у вікні *Fill Expert* (рисунок 10.8.б) у рядку *Data Source* натискаємо кнопку з трьома точками, викликаємо вікно підключення тегів *Expression Builder* (рисунок 10.9) і підключаємо тег.

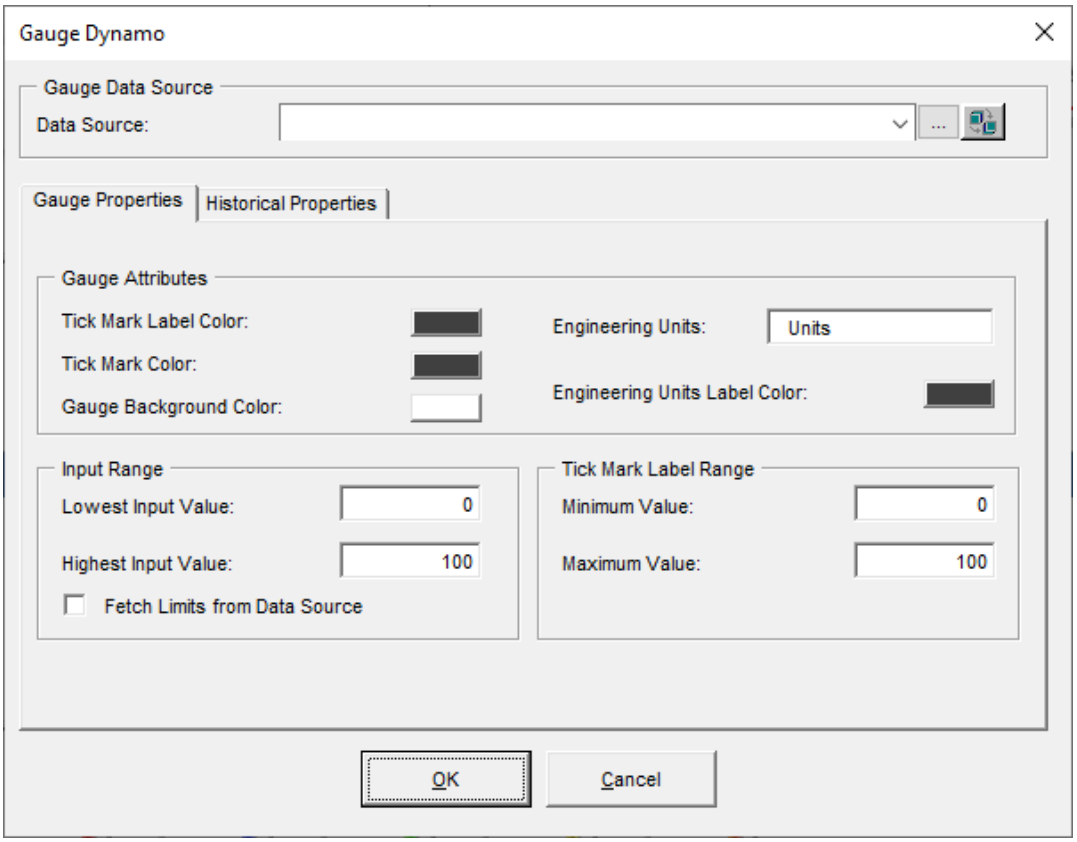


Рисунок 10.12 – Вікно *Gauges Dynamo*.

Додаємо на ємність можливість ручного регулювання рівнем заповнення. Для цього виділяємо зображення ємності та на вкладці *Tools* панелі інструментів *iFIX SCADA* використовуємо інструмент *Data Entry Expert*. Його вікно показане на рисунку 10.13.

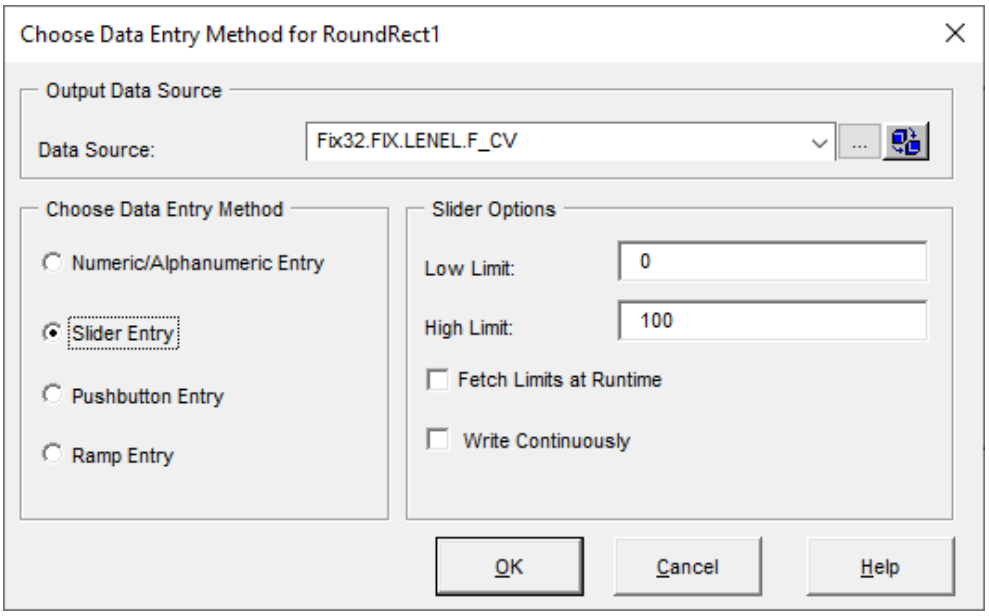


Рисунок 10.13 – Вікно *Data Entry Expert*.

Якщо тег уже був попередньо прив'язаний до зображення, поле *Data Source* буде заповнено автоматично. У іншому випадку виконуємо прив'язку тегу за процедурою, описаною вище. Ступінь заповнення зручніше регулювати повзунком, тому у полі *Choose Data Entry Method* обираємо *Sider Entry*. Інші параметри залишаємо такими, як запропоновано системою за замовчуванням.

Увага. Перед переходом до наступного етапу роботи рекомендується зберегти проект.

Протестуємо побудований фрагмент мнемосхеми. Для цього запустимо його командою *Switch to Run* на вкладці *Home* панелі інструментів. Після запуску програми викликаємо повзунок подвійним натисканням на зображенні ємності. Зміщуючи положення повзунка перевіримо зміну рівня «рідини» на зображенні ємності і показань приладу. Для повернення в режим редагування натискаємо кнопку із зображенням чоловічка (*Switch Mode*) у лівому верхньому куті екрану.

Увага. Не рекомендується завершувати виконання традиційним методом, тобто закриваючи робоче вікно, оскільки це може призвести до повного згортання проєкту.

Тепер додаємо до мнемосхеми зображення часового тренду. Графічна основа тренду знаходиться у гілці дерева проєкту *Dynamo Sets – Chart Line Real Time*. Аналогічним чином перемішуємо його на мнемосхему методом «*drug and drop*», що призводить до відкриття вікна налаштувань тренду, зображеного на рисунку 10.14. *IFIX SCADA* пропонує побудову декількох часових трендів на

одному полі, проте ми скористаємося лише першим. Для цього натиснемо кнопку, виділену на рисунку і прив’яжемо потрібний тег.

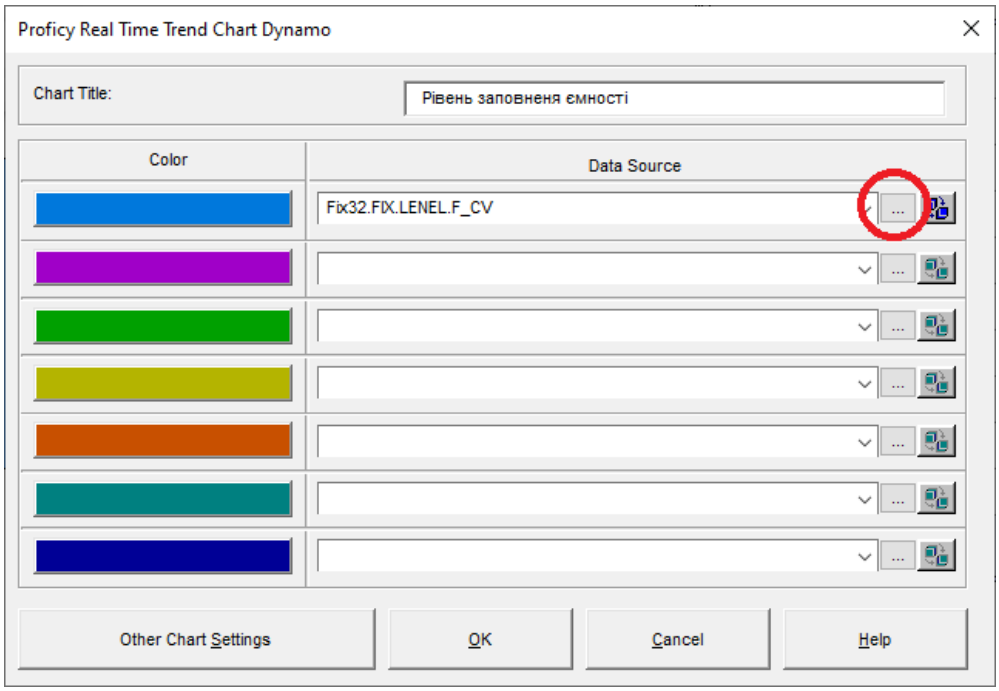


Рисунок 10.14 – Вікно налаштувань часового тренду.

Процедура прив’язки тегу повністю відповідає описаній вище (рисунок 10.9). Після цього у вікні змінимо заголовок тренду (*Chart Title*) на «Рівень заповнення ємності». Натиснувши кнопку *Other Chart Setting* можна провести ширші налаштування тренду.

Тепер додаємо до мнемосхеми зображення сигнальних ламп. Спершу запишемо алгоритм роботи сигнальних ламп у нашому прикладі:

- за досягнення передаварійного рівня заповнення (85%) або спорожнення (15%) буде загорятися червона лампа;
- за досягнення аварійного рівня заповнення (95%) або спорожнення (5%) червона лампа буде блимати.

Графічні зображення ламп знаходяться у гілці дерева проєкту *Dynamo Sets – Pilot Lights*. Аналогічним чином переміщуємо зображення ламп на мнемосхему методом «*drug and drop*». Для лампи, розміщеної у верхній частині ємності, налаштування будуть відповідати наведеним на рисунку 10.15, для лампи у нижній частині – на 10.16. Обґрунтування встановлених параметрів, зокрема числових значень, у вікнах налаштування залишаємо за читачем.

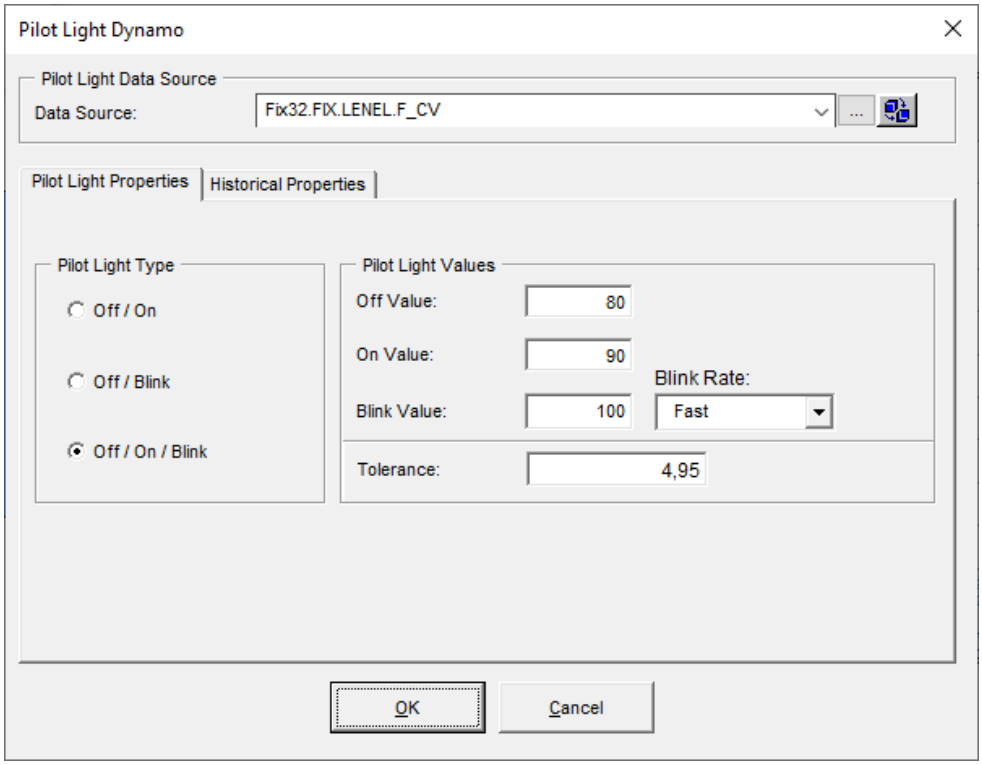


Рисунок 10.15 – Налаштування верхньої сигнальної лампи.

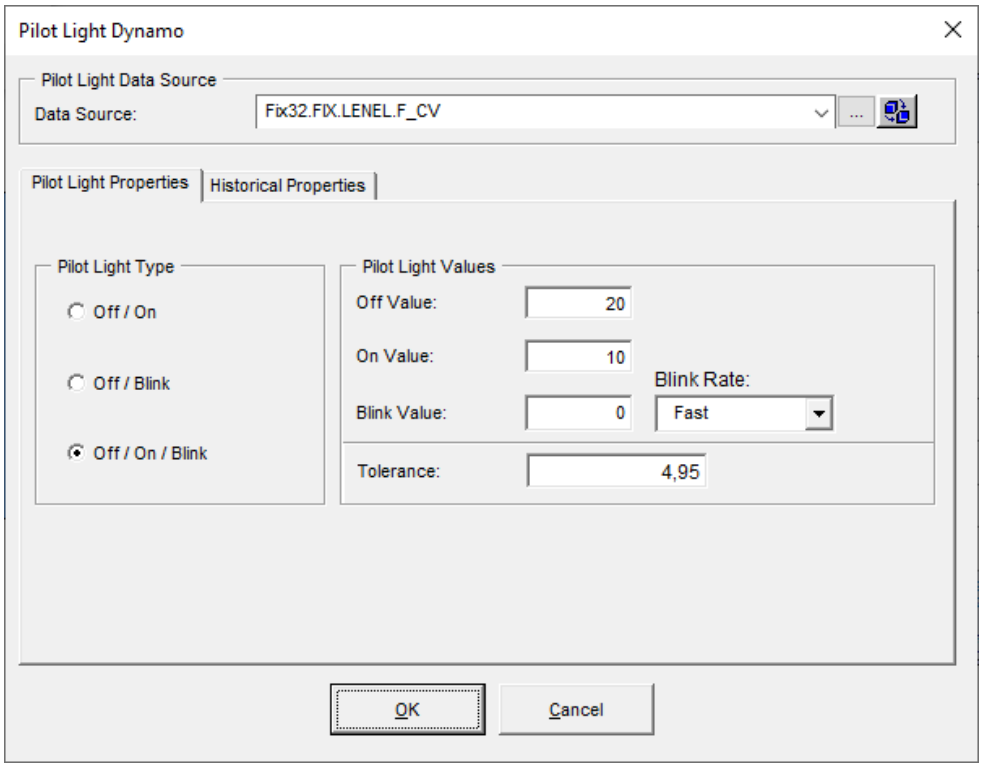


Рисунок 10.16 – Налаштування нижньої сигнальної лампи.

Запустимо мнемосхему на виконання описаним вище методом. Побудована мнемосхема в режимі виконання зображена на рисунку 10.17.

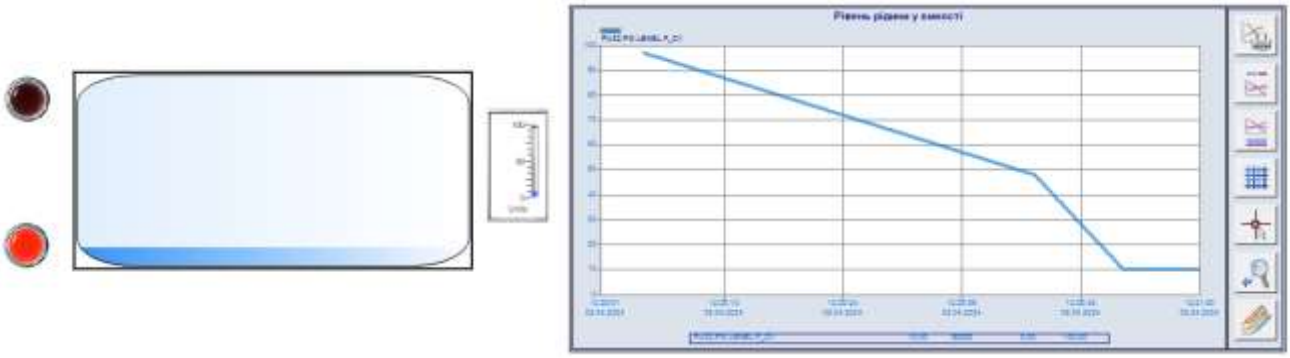


Рисунок 10.17 – Фрагмент мнемосхеми в режимі виконання.

Додаткове завдання (виконується за бажанням, за виконання нараховуються додаткові бали рейтингу). Необхідно організувати викликання з загальної укрупненої мнемосхеми детальної мнемосхеми окремого апарату шляхом його подвійного натискання (на реальних мнемосхемах технологічних процесів у промисловості це робиться саме таким чином). На обох мнемосхемах, як укрупненій, так і детальній, слід забезпечити еквівалентність значень покажчиків приладів, положення кнопок, загорання сигнальних ламп тощо.

Після завершення виконання мнемосхеми слід розрахувати коефіцієнт інформативності та коефіцієнт заповнення поля мнемосхеми. На рисунку 10.17 всі використані об’єкти є динамічними, тобто можуть змінювати колір, положення, розмір ліній чи інші зображення у режимі виконання мнемосхеми. Таким чином для даної мнемосхеми коефіцієнт інформативності дорівнює нулю, коефіцієнт заповнення поля мнемосхеми – одиниці.

Оформлення результатів виконання роботи

Результатом роботи є розроблена мнемонічна схема. На додачу до зображення, розробленого в попередній роботі, мнемосхема має містити зображення засобів контролю та керування та передбачати можливість перегляду трендів технологічних параметрів. Мнемосхема оформлюється у системі *SCADA*, вибір варіанту *SCADA*-системи залишається за студентом. Виконана мнемонічна схема подається на перевірку у вигляді електронного документу у форматах *.pdf* або *.jpeg*. Файл проєкту *SCADA*-системи має зберігатися студентом до завершення навчального семестру.

Контрольні запитання та завдання

1. Для чого під час побудови мнемосхем використовуються теги? Наведіть правила складання тегів.
2. Обґрунтуйте необхідність та зручність використання тегів у системі *SCADA*
3. Що є джерелом даних для тегу? Наведіть кілька прикладів.
4. Опишіть процедуру створення тегу у обраній Вами системі *SCADA*.

5. Опишіть процедуру прив’язки тегу до зображення на мнемосхемі у обраній Вами системі *SCADA*.
6. У яких випадках на мнемосхемах рекомендовано виводити точні значення величин? Яка має бути точність виведених значень?
7. У яких мнемосхемах рекомендовано виводити значення у вигляді стрілочних приладів або індикаторів?
8. Перерахуйте та коротко опишіть можливі варіанти зображення показуючих приладів у обраній Вами для виконання роботи системі *SCADA*.
9. Що таке часовий тренд? З якою метою він використовується на мнемосхемах?
10. Перерахуйте та коротко опишіть можливі варіанти зображення часових трендів у обраній Вами для виконання роботи системі *SCADA*.
11. Обґрунтуйте значення числових величин, введених у вікна налаштувань на рисунках 10.15 та 10.16.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 11
Розроблення схеми з’єднань зовнішніх проводок системи автоматизації

Мета роботи: набути практичних умінь та досвіду розроблення проєктної документації на зовнішні проводки системи автоматизації

Завдання, початкові дані та особливості виконання роботи

У роботі слід розробити схему з'єднань зовнішніх проводок для фрагменту системи автоматизації та оформити її у відповідності до діючих стандартів. На схемі передбачити:

- наявність як електричних, так і трубних проводок;
- місцеві щити керуванням, один або декілька, у залежності від особливостей схеми;
- додаткову клемну коробку для проводок, які не проходять через місцеві щити керуванням, підібрати її тип і виконання;
- клемну коробку на проміжку між місцевим та операторським щитами керування, підібрати її тип і виконання;
- прокладання проводів і кабелів на проміжку до клемної коробки у коробі.

Передбачені стандартом технічні вимоги та перелік елементів до схеми з’єднань у межах роботи не виконуються. Початковими даними до роботи є схема автоматизації технологічного процесу та його структурна схема автоматизації.

Роботи виконується кожним студентом особисто.

Час на виконання роботи – одне аудиторне заняття, 90 хвилин.

Нормативні документи

Схеми та таблиці з'єднань зовнішніх проводок розробляються згідно державного стандарту *ДСТУ Б А.2.4-3–2009. Система проектної документації для будівництва. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів*. Правила виконання схеми з’єднань визначається главою 4.5, зокрема пунктами 4.5.1 та 4.5.2 цього документу.

Теоретичні відомості

Схема з'єднань зовнішніх проводок – це комбінована схема, на якій показані електричні та трубні лінії зв'язку між засобами вимірювання та автоматизації, встановленими на технологічному обладнанні та за місцем з засобами, встановленими на щитах, а також підключення проводок до приладів і щитів.

Схеми виконують на основі схем автоматизації, принципових схем, експлуатаційної документації на засоби автоматизації, використані у проєкті, а також монтажних схем або таблиць з'єднань та підключення щитів і пультів; креслень розташування технологічного обладнання та трубопроводів із зазначенням місць відбору імпульсів; будівельних креслень з усіма необхідними для прокладки зовнішніх проводок заставними і приварними конструкціями, тунелями, каналами, прорізами.

Схеми виконують без дотримання масштабу на одному або декількох аркушах. Дійсне розташування пристроїв на схемі не враховується. Товщина ліній, що зображують пристрої і елементи схем, в тому числі кабелі, дроти, труби, повинна бути від 0,4 до 1 мм. На схемі повинно бути мінімальна кількість зламів і перетинань ліній, мінімальна відстань між лініями повинна бути не менше 3 мм, маркування жил кабелів і проводів вказують відповідно до принципових схем.

Схеми з'єднань виконують, як правило, роздільно для кожного блока, що автоматизується, монтаж якого здійснюють незалежно від інших. Найменування блока вказують у найменуванні схеми. Рекомендується на схемах з'єднань зовнішніх проводок наводити підключення електропроводок до приладів, що встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні та комунікаціях, а також до одиночних позащитових місцевих приладів. У випадку незначного обсягу електропроводок, що підключаються до технічних засобів автоматизації, ці підключення допускається наводити на схемі з'єднань без виконання схеми підключення.

Технічні засоби, для яких на схемах наводять підключення електропроводок, зображують спрощено зовнішніми обрисами або у вигляді прямокутників, у яких показують:

- ввідні елементи– по контуру прямокутника умовними графічними зображеннями;
- вхідні та вихідні елементи – у вигляді кругів (для круглих штепсельних рознімань) або прямокутників (наприклад, для збірок і колодок затискачів та інших елементів відповідної форми).

Познаку позащитових приладів, порядковий номер і тип протяжних, з'єднувальних та клемних коробок вказують над полицею лінії-винесення, а під полицею – познаку і (або) номер аркуша установки (дивись рисунок 11.1).

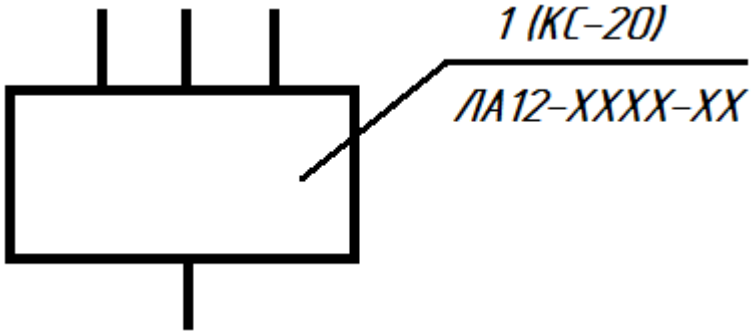


Рисунок 11.1 – Позначення клемних коробок на схемі з’єднань зовнішніх проводок за *ДСТУ Б А.2.4-3:2009*.

Для інших технічних засобів всередині прямокутника вказують їх найменування, а також:

- номер аркуша (позначення документа) креслення установки (для групової установки);
- номер листа таблиці підключення зовнішніх проводок (для щитів і пультів).

Познаки жил кабелів та проводів на схемах і таблицях з'єднань та підключення приймають відповідно до принципових електричних схем.

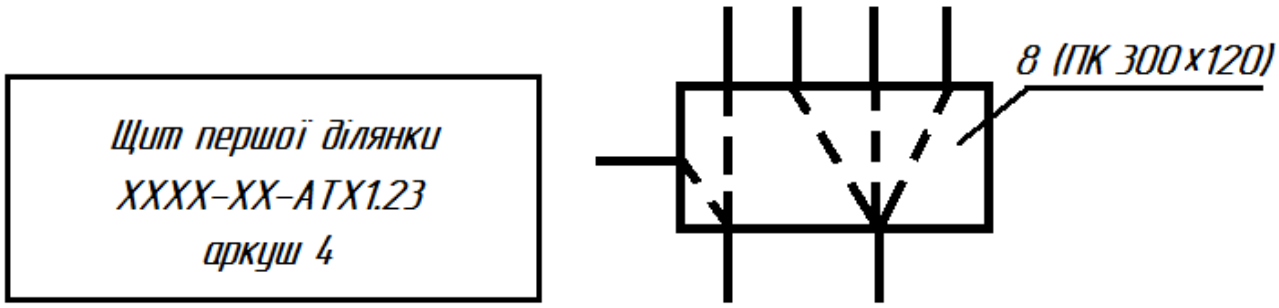
На схемі з'єднань у загальному випадку наводять:

- первинні прилади та виконавчі механізми, що встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні і комунікаціях;
- протяжні, клемні та з'єднувальні коробки;
- позащитові прилади та групові установки приладів;
- щити, пульти, комплекси технічних засобів;
- зовнішні електричні і трубні проводки між всіма технічними засобами автоматизації, що встановлені на технологічному обладнанні і комунікаціях;
- захисне та функціональне заземлення, занулення систем автоматизації;
- перелік елементів згідно з ГОСТ 2.701.

Первинні прилади та виконавчі механізми зображують у верхній частині схеми під таблицею даних. Нижче розташовують позащитові прилади, щити та інші технічні засоби. Категорія трубної проводки визначається технологом згідно з правилами технологічного проектування. Якщо категорія не визначена, то допускається дану графу не показувати. Технічні засоби автоматизації, для яких на схемі не наводять підключення електропроводок, зображують:

- прилади – умовними графічними зображеннями згідно з *ДСТУ Б А.2.4-16* (як на схемі автоматизації);
- групові установки, з'єднувальні коробки, комплекси технічних засобів – у вигляді прямо кутників, у яких вказують їх найменування, познаку і (або) номер аркуша, на якому наведені схеми (таблиці) підключення зовнішніх проводок;

– щити і пульти – відповідно до рисунку 11.2.а
– протяжні коробки – у вигляді прямокутників, всередині яких штриховими лініями показують розгалуження джгутів проводів – відповідно до рисунка 11.2.б



а) б)

Рисунок 11.2 – Позначення щита або пульта (а) та протяжної коробки (б) на схемі з'єднань зовнішніх проводок за *ДСТУ Б А.2.4-3:2009.*

Зовнішні електричні та трубні проводки виконують окремими суцільними основними товстими лініями. Кабелі, що проходять у коробі, розривають на його зображенні. Приклад прокладання кабелів у коробах наведений на рисунку 11.3. Короб зображують двома паралельними тонкими лініями на відстані 3-4 мм одна від одної.

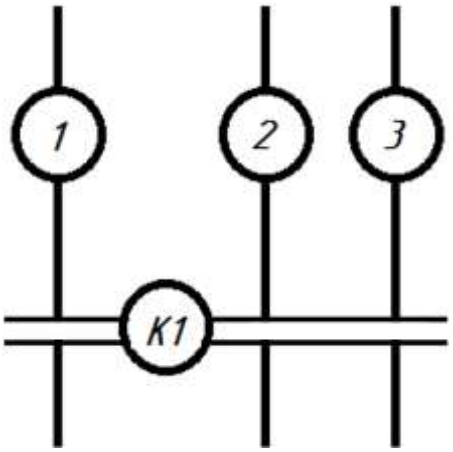


Рисунок 11.3 – Позначення прокладання кабелів у коробі на схемі з'єднань зовнішніх проводок за *ДСТУ Б А.2.4-3–2009.*

Для кожної проводки над лінією, що її зображує, наводять технічну характеристику: тип, марку кабелю, проводу, кількість робочих жил кабелю, труби тощо та довжину проводки, як показано на рисунку 11.4. Над кількістю робочих жил за необхідності указують рівень сигналів у кабелях, що прокладаються Допускається довжину вказувати під лінією проводки. Для електропроводок у захисних трубах під лінією вказують характеристику та довжину захисної труби.

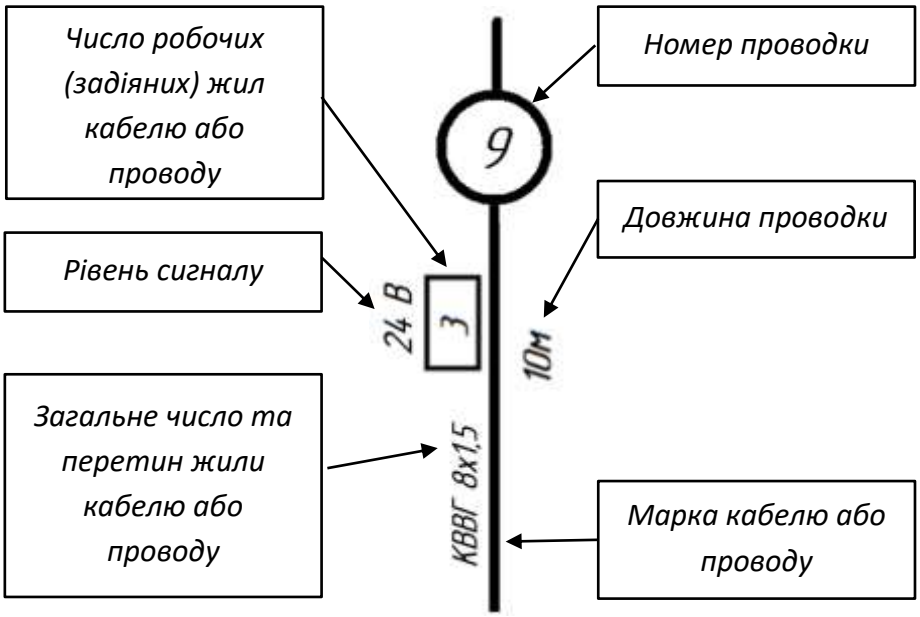


Рисунок 11.4 – Позначення проводів та кабелів та написи для них на схемі з'єднань зовнішніх проводок за *ДСТУ Б А.2.4-3–2009*.

Відомості про маркування проводів та кабелів наведено у додатку Б.

Контрольним кабелям та захисним трубам, у яких прокладено джгути проводів, присвоюють порядкові номери. Порядкові номери коробам присвоюють з додаванням літери *К*, наприклад *1К*; *2К* тощо. Кількість робочих жил показується над лінією проводки в прямокутнику після вказівки типу і жильності кабелю.

Трубним проводкам (імпульсним, командним, живильним, дренажним, допоміжним тощо) присвоюють або порядкові номери з додаванням перед ними цифри *0*, наприклад *01*, *02*, …, або позицію приладу з додаванням літери *Т* і порядкового номера лінії, наприклад *245Т*, *30Т1*, *30Т2*. Якщо у робочій документації присутні імпульсні лінії та пневмокабелі, допускається для пневмокабелів присвоювати номери з додаванням перед ними двох нулів (*00*). Номери проводок вказують у колах, які розміщують у розриві ліній, як це зображено на рисунках 11.3. та 11.4

Захисне і функціональне заземлення та занулення систем автоматизації показують на схемах з'єднань із застосуванням графічних умовних зображень відповідно до таблиці. Жилам кабелів і проводів, що використовуються як нульові захисні провідники, присвоюють цифрову познаку з додаванням літери *N*, наприклад *801N*.

У процесі вибору проводів і кабелів часто виникає питання про необхідний резерву жил. Визначення числа резервних проводів і жил кабелів повинно обиратись з урахуванням наступних вимог:

– для прокладання проводів в захисних трубах рекомендується передбачити резерв у розмірі 10% числа робочих проводів, але не менше одного проводу;

допускається, за необхідності, передбачати такий же резерв проводів і для прокладання їх в коробах і пучками на лотках;

- число резервних жил мідних кабелів обирається наступним чином: для числа робочих жил 8 ÷ 26 – одна резервна жила; для 27 ÷ 59 – дві, більше – три, у випадку використання кабелів з числом жил до семи резерв не передбачено;
- число резервних жил алюмінієвих та алюмінієво-мідних кабелів обирається наступним чином: для числа робочих жил 4 ÷ 10 – одна резервна жила, для 14 ÷ 37 – дві, більше – три.

Для електропроводок систем автоматизації при всіх прийнятих способах прокладання повинні застосовуватися захищені і незахищені ізольовані проводи з полівінілхлоридовою ізоляцією і оболонками, зокрема, марок ПВС або ШВВП. Провід з горючою ізоляцією і оболонками з поліетилену застосовувати не дозволяється.

Для пневматичних ліній зв'язку в останні роки дуже широке застосування знайшли пластмасові труби і пневмокабелі. Вибираючи спосіб прокладки пластмасових трубопроводів, необхідно мати на увазі ряд специфічних особливостей, що обмежують їх застосування.

Приклад виконання роботи

У якості прикладу для розроблення схеми з’єднань зовнішніх проводок розглянемо схему проводок у системи автоматизації ділянки підготовки аміаку процесу синтезу азотної кислоти. Фрагмент схеми автоматизації, на якому зображено дану ділянку, наведено на рисунку 11.5. Коротко розглянемо контури цього фрагменту схеми. Відомості про прилади запозичимо із замовної специфікації до схеми:

- контур 1: витратомір *FE* (*1А*) формує електричний сигнал і однією парою проводів передає його на щит місцевого керування до приладу *FT* (*1Б*); там сигнал підсилюється і також однією парою проводів передається на операторський щит керування;
- контур 3: безпосередньо на обладнанні (апарат 4) встановлено газоаналізатор *QE* (*3А*), який без подальших перетворень передає однією порою проводів сигнал на операторський щит керування;
- *контур 4:* функціонує аналогічно контуру 1. Давач витрат *FE* (*4А*) формує електричний сигнал і однією парою проводів передає його на щит місцевого керування до приладу *FT* (*4Б*); там сигнал підсилюється і також однією парою проводів передається на операторський щит керування;

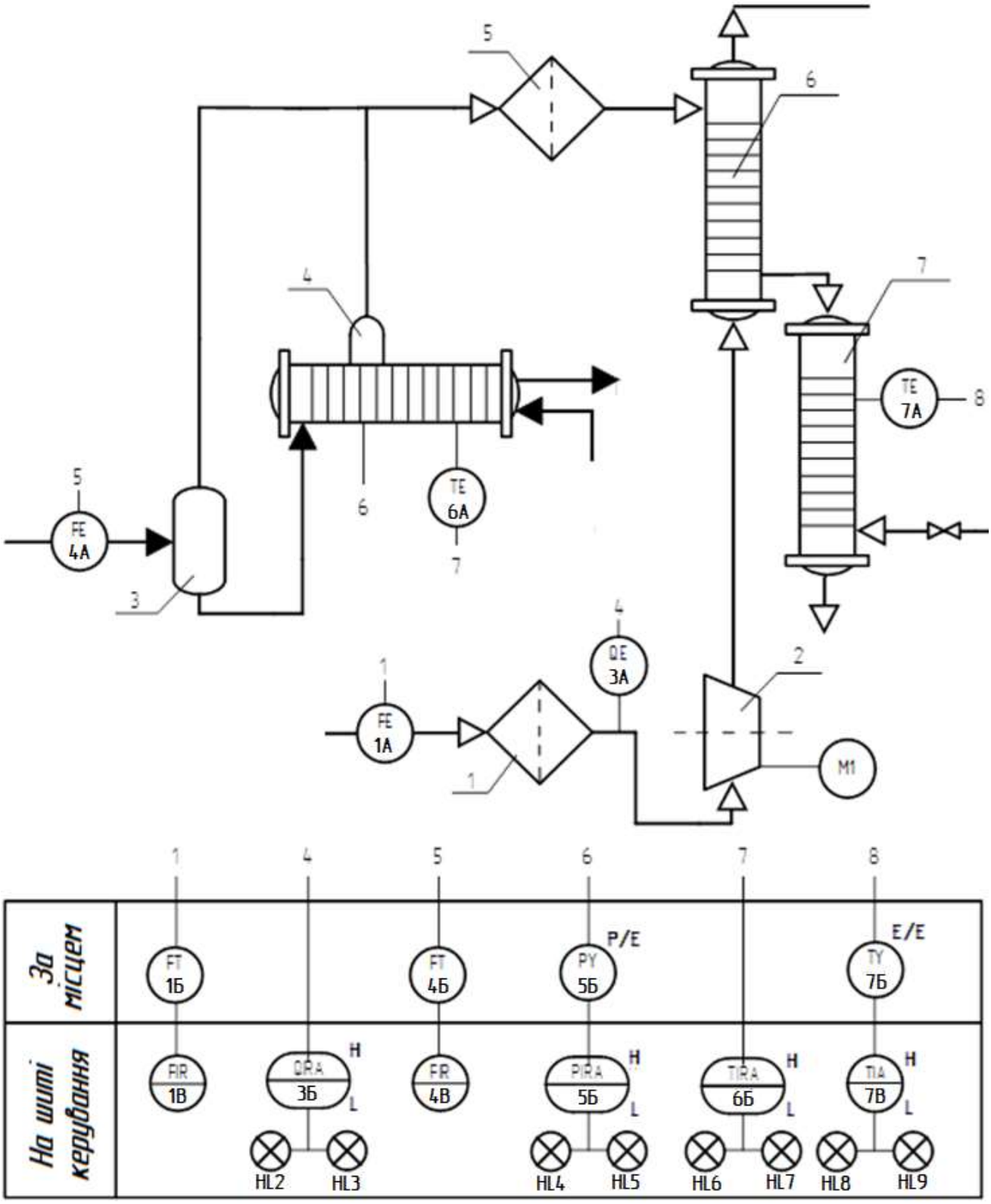


Рисунок 11.5 – Фрагмент схеми автоматизації, ділянка підготовки аміаку процесу синтезу азотної кислоти (навчальний приклад).

– контур 5: З обладнання знімається сигнал тиску та трубною проводкою передається на щит місцевого керування. На цьому щиті сигнал перетворюється на електричний приладом *PY* (*5А*) та однією парою проводів передається на операторський щит керування;

– контур 6: термометр опору *TE* (*6A*) – встановлюється на обладнання і підключається за трипровідниковою схемою безпосередньо до операторського щита керування;
– контур 7: термоелектричний перетворювач – термопара *TE* (*7A*) – двожильним компенсаційним кабелем передає сигнал на місцевий щит керування до перетворювача *TY* (*7A*), де сигнал перетворюється на типовий електричний і передається далі однією парою проводів на операторський щит керування.

Приймаємо відстань від обладнання до місцевого щита керування три метри. З врахуванням запасу довжини та допусків на закріплення провідників, обираємо довжину проводів п’ять метрів. Для трубної проводки додаємо один метр на можливі вигини труби у процесі прокладання.

Для проводок, які не проходять через щит місцевого керування, у відповідності до завдання, передбачаємо клемну коробку. Оскільки кількість проводів, які не проходять через щит місцевого керування незначна (5 проводів), обираємо найменшу коробку, яка випускається промисловістю ККС-6 на 6 контактних пар. На схемі вона буде показана вище, тож отримає номер 1. Визначимо та зведемо до таблиці 11.1 характеристики проводів і труб, які будуть використані для підключення приладів, встановлених на об’єкті керування, до місцевого щита (для проводок, які підключаються до такого щита) та до протяжної коробки (для проводок, які не підключаються до такого щита). Для електричних проводок (крім термоелектричних перетворювачів) використаємо двожильні проводи з полівінілхлоридовою ізоляцією марки ПВС. Для підключення термометра опору використаємо трижильний провід екранований марки ПВСе. Підключення термопари здійснюється спеціалізованим компенсаційним проводом марки ПТВ1. Для передачі сигналу тиску до перетворювача використаємо гнучку поліамідну трубку марки РА12 внутрішнім діаметром 4 мм з товщиною стінки 2,5 мм.

Таблиця 11.1 – Характеристики проводок для підключення приладів на об’єкті до місцевого щита керування (навчальний приклад).

Позиція приладу	***Марка проводу або труби***	***Кількість жил***	***Поперечний переріз, мм***	***Довжина, м***
1-1	ПВС	2	1	5
3-1	ПВС	2	1	5
4-1	ПВС	2	1	5
5-1	РА12	–	4	4
6-1	ПВСе	3	1	5
7-1	ПТВ1	2	1	5

Обчислимо загальну кількість проводок, які будуть прокладені від протяжної коробки до передбаченої завданням проміжної клемної коробки. Загалом між протяжною та проміжною клемною коробками прокладається п’ять жил – дві для передавання сигналу від приладу *3А* та три від приладу *6А*. Як зазначено вище, для мідних кабелів менше восьми жил резервні жили не передбачаються. Проводку від протяжної до клемної коробки виконаємо п’ятижильним кабелем КВВГ з товщиною жил 1,5 мм, всі жили якого будуть задіяні. Оскільки будівельне креслення приміщення, у якому прокладаються проводки, відсутнє, довжину кабелю приймемо умовно рівною 10 м.

Обчислимо загальну кількість проводок, які будуть прокладені від місцевого щита керування проміжної клемної коробки. Загалом між щитом керування та проміжною клемною коробками прокладається вісім жил – по дві для передавання сигналів від приладів *1Б, 4Б, 5А* і *7Б*. Як зазначено вище, для мідних кабелів з числом жил від 8 до 26 додатково передбачаються одна резервна жила. Оскільки кабелів з числом жил дев’ять промисловістю не випускається, проводку від місцевого щита керування до клемної коробки виконаємо кабелем КВВГ з числом жил 10 і товщиною жил 1,5 мм, однак кількість задіяних жил цього кабелю буде рівна восьми. Довжина кабелю приймемо так само 10 м.

За умовами завдання два вищезазначені кабелі будуть прокладатися у коробі. Позначимо цей короб *К1*.

Керуючись такими самими міркуваннями, проводку від проміжної клемної коробки до клемного щита операторського пункту керування прокладаємо кабелем КВВГ з числом жил 16 і товщиною жил 1,5 мм. Кількість задіяних жил цього кабелю буде 13 (8 від місцевого щита, 5 від протяжної коробки). Довжину кабелю приймемо умовно рівною 20 м. Проміжну клемну коробку обираємо на 16 клем, типу ККС-16, вона отримає на схемі номер 2. Нумерацію проводок виконаємо послідовно справа наліво зверху вниз, у номері трубної проводки, згідно *ДСТУ Б А.2.4-3:2009*, додаємо цифру *0*. Побудована схема зображена на рисунку 11.6.

Оформлення результатів виконання роботи

Результатом роботи є розроблена схема з’єднань зовнішніх проводок без зазначення технічних вимог та переліку елементів. Схема оформлюється згідно *ДСТУ Б А.2.4-3–2009* на аркуші формату А3 або А4. Аркуші повинні містити рамку та штамп за формою *Креслення конструкторське. Перший аркуш* передбаченим *ДСТУ ГОСТ 2.104–2006*.

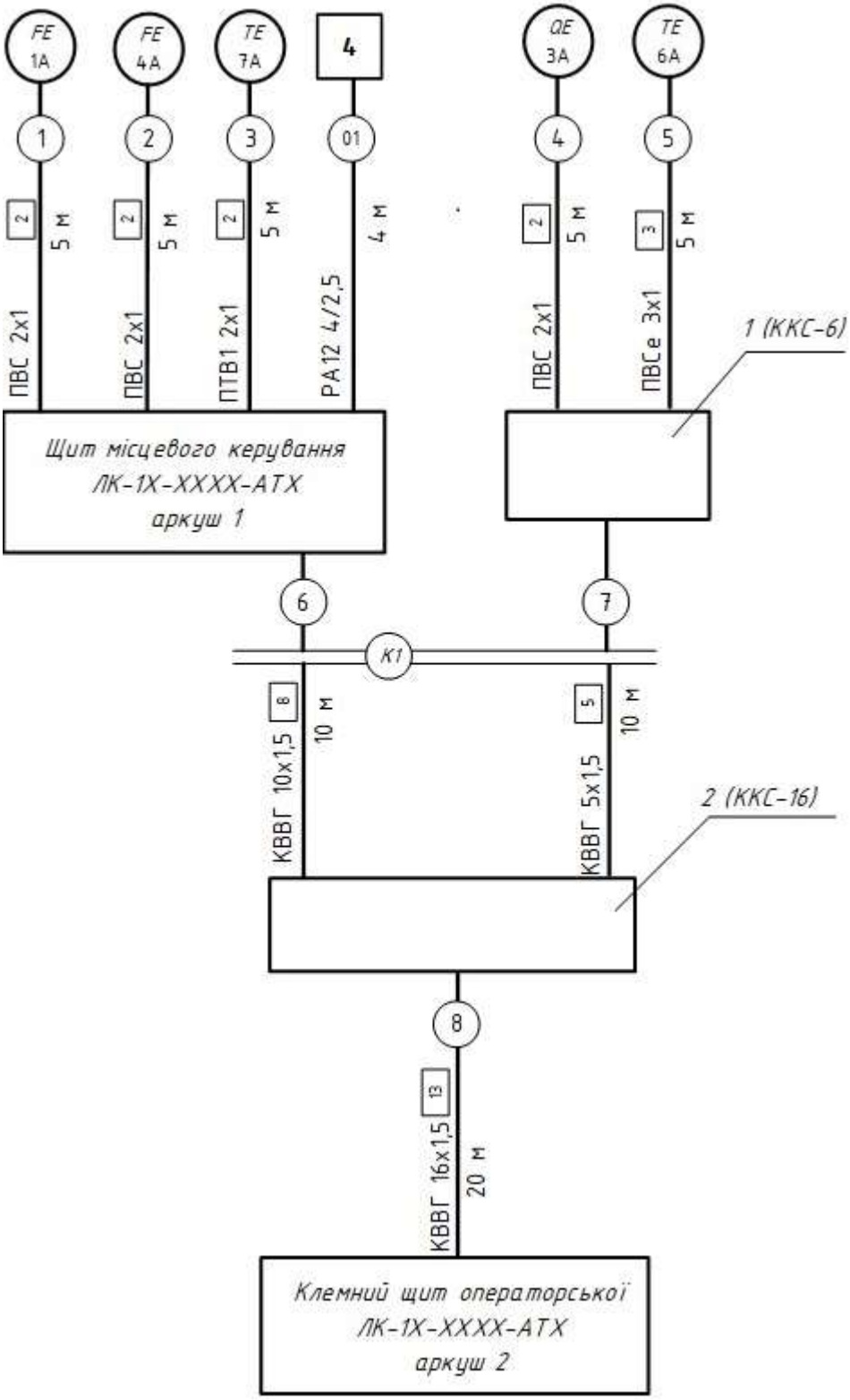


Рисунок 11.6 – Схема з’єднань зовнішніх проводок (навчальний приклад).

Схема виконуються за допомогою обраного виконавцями програмного пакету розроблення проєктно-конструкторської документації. В основному написі має бути записано назва креслення *Схема з’єднань блоку* … (назва блоку). Код креслення має починатися з абревіатури *ТПЗА* і закінчуватися *С4* – схема з’єднань комбінована. У випадку, якщо трубні проводки на схемі відсутні, код креслення має закінчуватися *Э4* – схема з’єднань електрична.

Контрольні запитання та завдання

1. Що таке схема з'єднань зовнішніх проводок? Яке її призначення?
2. З якою метою використовується схема з'єднань зовнішніх проводок?
3. Які нормативні документи регламентують розроблення схеми з'єднань зовнішніх проводок?
4. Яких правил слід дотримуватися у процесі розроблення схеми з'єднань зовнішніх проводок?
5. Які вимоги висуваються до схеми з'єднань зовнішніх проводок?
6. Які переваги та недоліки використання схеми з'єднань зовнішніх проводок?
7. Які елементи зображуються на схемі з'єднань зовнішніх проводок?
8. Як позначаються на схемі різні типи проводів та кабелів?
9. Як позначаються на схемі прилади та засоби автоматизації?
10. Як позначаються на схемі з'єднувальні коробки та щити?
11. Які формати аркушів використовуються для представлення схеми з'єднань зовнішніх проводок?
12. Як узгоджується схема з'єднань зовнішніх проводок з іншими проектними документами?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 12
Розроблення таблиці з’єднань зовнішніх проводок системи автоматизації

Мета роботи: набути практичних умінь та досвіду розроблення проєктної документації на зовнішні проводки системи автоматизації

Завдання, початкові дані та особливості виконання роботи

У роботі слід розробити таблицю з'єднань зовнішніх проводок для схеми, розробленій у попередній роботі. Передбачений стандартом та перелік елементів у межах роботи не виконуються. Початковими даними до роботи є схема з'єднань зовнішніх проводок та схема автоматизації технологічного процесу.

Роботи виконується кожним студентом особисто.

Час на виконання роботи – одне аудиторне заняття, 90 хвилин.

Нормативні документи

Схеми та таблиці з'єднань зовнішніх проводок розробляються згідно державного стандарту *ДСТУ Б А.2.4-3–2009. Система проектної документації для будівництва. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів*. Правила виконання таблиці з’єднань зовнішніх проводок визначається главою 4.5, зокрема пунктом 4.5.4 цього документу. Форма та розміри таблиці регламентуються обов’язковим додатком М.

Теоретичні відомості

Табличний метод виконання схем з'єднань зовнішніх проводок застосовують:

- у разі нескладної топології кабельних трас;
- в разі малого числа ліній контролю, вимірювання, керування;
- в разі значного числа кабельних ліній з одночасним виконанням схеми підключень.

Табличний метод передбачає складання таблиці з'єднань зовнішніх проводок за формою, наведеною на рисунку 12.1. Форма таблиці регламентується формою 4 за *ДСТУ Б А.2.4-3:2009*, який називає її *таблицею з'єднань зовнішніх проводок*. Таблиця виконується на аркушах формату А3. У таблицю спочатку записують електричні проводки, далі з нового аркуша оптоволоконні проводки, далі трубні проводки.

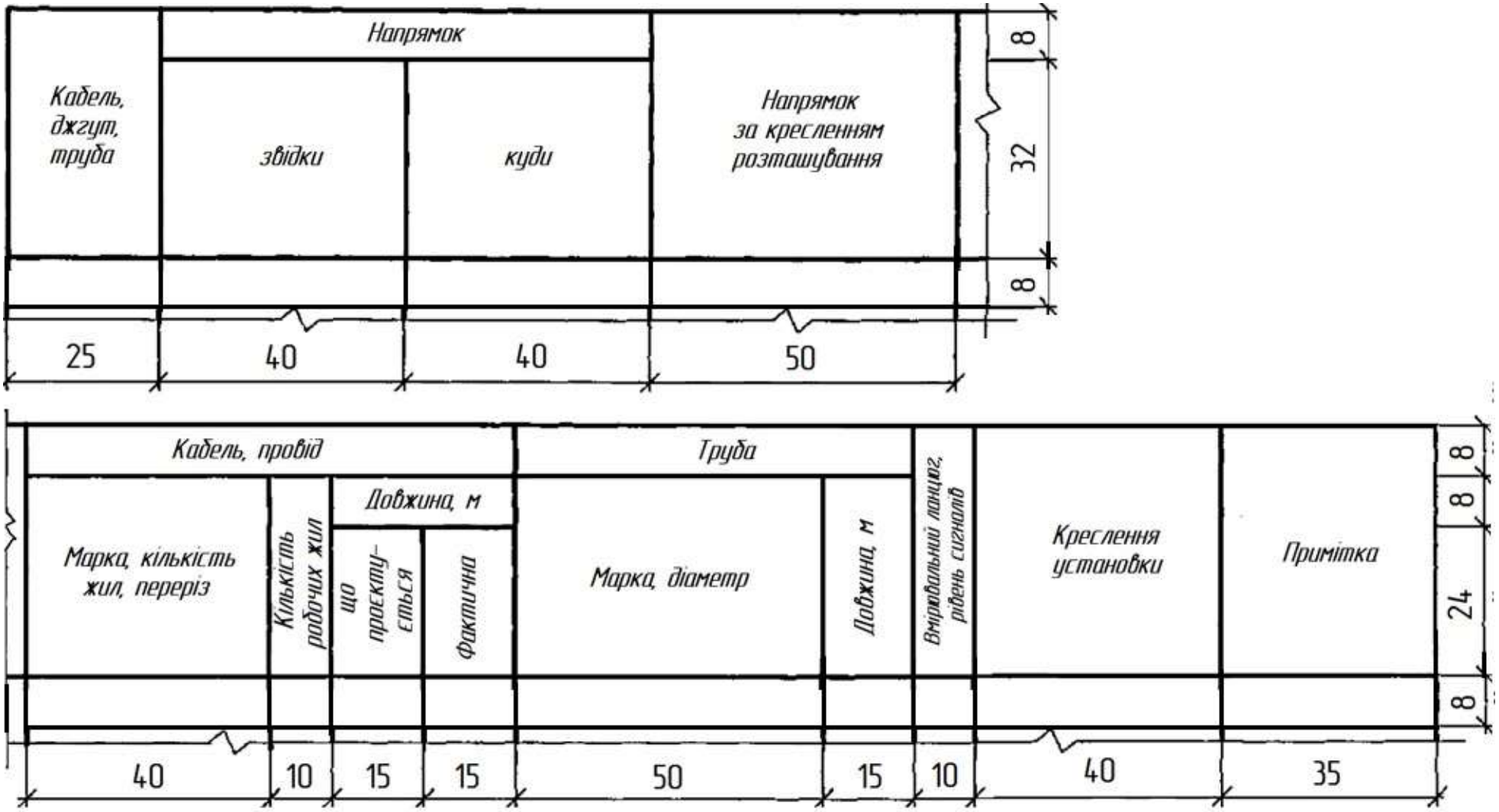


Рисунок 12.1 – Форма таблиці з’єднань зовнішніх проводок за *ДСТУ Б А.2.4-3–2009*.

Під час складання таблиці на першому аркуші поміщають технічні вказівки (пояснення) і перелік елементів, які виконують таким же чином, як це виконується для графічного методі побудови схеми з'єднань. Зовнішні проводки записують за зростанням їх номерів. Графи таблиці з'єднань зовнішніх проводок заповнюють наступним чином:

- у графу *Кабель, джгут, труба* записують номер проводки (порядкові номери проводок призначають так само, як і схемі з'єднань: електричні проводки – 1, 2, 3 ...., трубні 01, 02, 03, ...
- у графу *Напрям* записують позицію за специфікацією або позначення технічних засобів АСУТП, від яких (*звідки*) і до яких (*куди*) спрямована дана з'єднувальна проводка. Умовно приймається, що напрямок з'єднувальної проводки починається від первинних приладів, безпосередньо розташованих на технологічному обладнанні та трубопроводах в сторону позащитових приладів, сполучних і протяжних коробок, і закінчується на щитах, пультах, комплексах технічних засобів; протяжні коробки, через які проходить джгут проводів електропроводки, позначаються в дужках;
- графу *Напрям за кресленнями розташування* заповнюють у разі виконання креслення розташування обладнання і проводок адресним методом;
- у графи *Кабель, провід*:
  - у підграфу *Марка, число жил, перетин* заносять відповідні технічні дані кабелів і проводів;
  - у підграфу *Кількість робочих жил* заносять кількість жил, які реально задіяні;
  - у підграфу *Довжина*, *що проєктується* заносять проєктну довжину
  - у підграфу *Довжина фактична* на етапі проєктування на заповнюється, її буде заповнено після фактичного монтажу провідника;
- у графи *Труба*, *Марка, діаметр*, *Довжина* заносять відповідні дані: марка, діаметр і товщина стінки труби і її довжину. Для оптокабелю і пневмокабелю також кількість волокон або пневмотрубок;
- у графі *Вимірювальний ланцюг, рівень сигналу* – проставляють позначку *ВЛ* для вимірювальних ланцюгів або вказують значення рівня сигналу (220 В, 4...20 мА тощо);
- у графу *Креслення установки* записують позначення креслення установки засобів автоматизації, які занесено у підграфу *звідки* графи *Напрямок*.

Інші графи заповнюють відповідно до їх найменувань. Зокрема, у графі *Кабель, провід* не вказують фактичної довжини, а у графі *Труба* додатково вказують товщину стінок труб, у тому числі захисних, для пневмокабелю – його марку та кількість труб.

Приклад виконання роботи

Всі необхідні дані для заповнення таблиці наведено на схемі з'єднань. Тому нижче наведено лише вказівки до виконання роботи:

- перший рядок таблиці пропускається, у другому і подальших зазначаються технічні вимоги, після чого пропускається ще один рядок, а вже потім починається запис проводок;
- усі ланцюги на схемі вимірювальні, про що слід зробити позначку у відповідній графі таблиці;
- для проводки 6 слід заповнити графу *Креслення установки*, оскільки вона починається на щиті місцевого керування, для якого код цього креслення відомий.

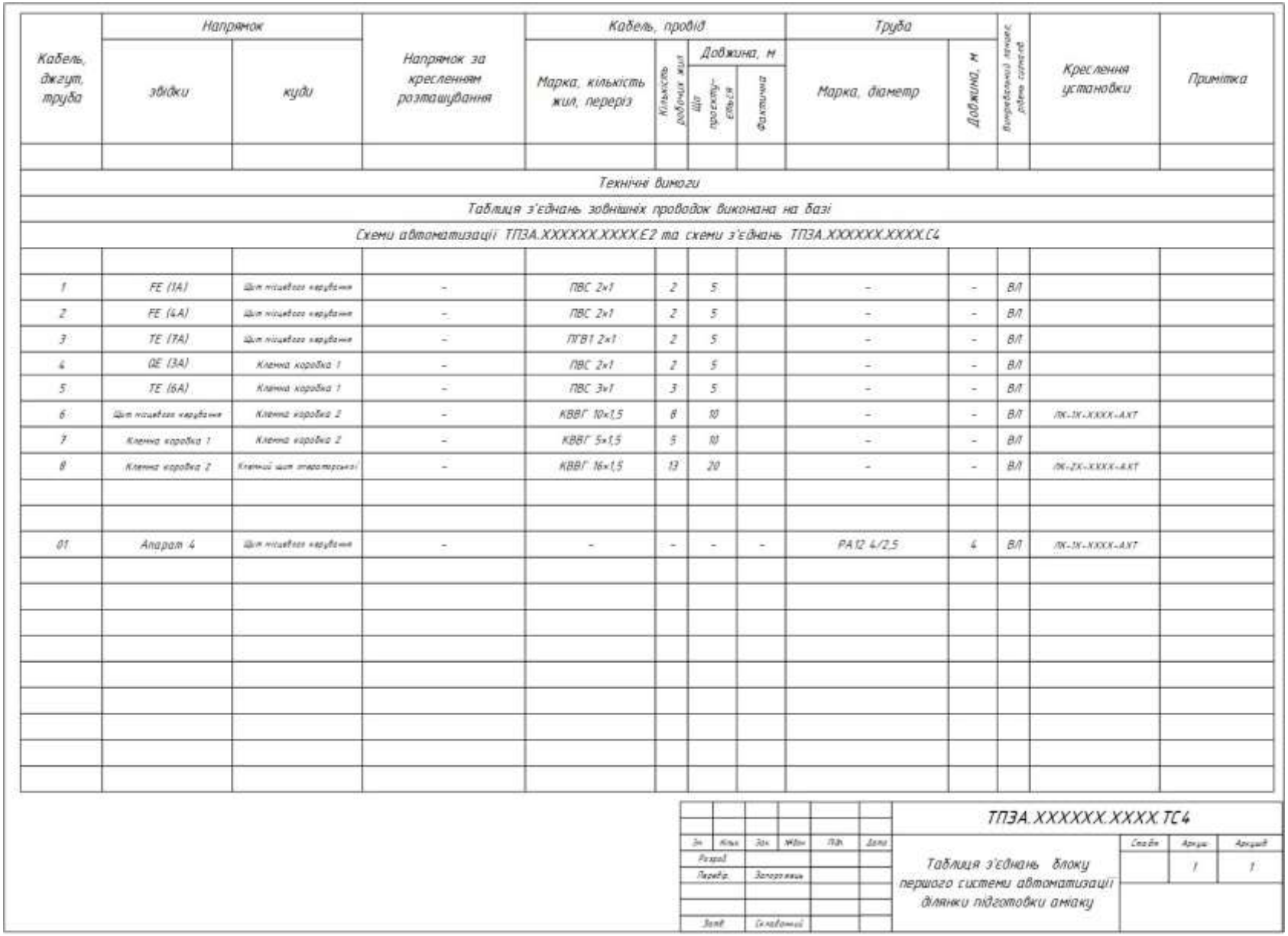
Заповнена таблиця з'єднань зовнішніх проводок показана на рисунку 12.2. Слід звернути увагу, що у наведеній таблиці допущені наступні відхилення від рекомендацій стандарту:

- таблиця зменшена та розвернена на 90^{O} з метою оптимізації розміщення її в межах цього навчального видання; під час виконання роботи слід розмістити таблицю на аркуші А3 альбомної орієнтації без зменшення;
- трубна проводка 01 мала б розміщуватися на окремому аркуші таблиці, але, оскільки вона єдина, прийнято рішення розмістити її на тому ж аркуші, що і електричні проводки з проміжком перед нею у два порожні рядки.

Оформлення результатів виконання роботи

Результатом роботи є розроблена таблиця з'єднань зовнішніх проводок без зазначення переліку елементів. Схема оформлюється згідно *ДСТУ Б А.2.4-3–2009* на аркуші формату А3 альбомної орієнтації. Аркуші повинні містити рамку та основний напис усіх видів текстових документів за формами 5 (перший аркуш таблиці) і 6 (другий і подальші аркуші) за *ДСТУ Б А.2.4-4–2009*. Оскільки загальна ширина таблиці з'єднань 385 мм (див. рисунки 12.1, 12.2), оформлюючи таблиця на аркуші слід залишити додаткові береги по 5 мм відносно рамки.

Схема виконуються за допомогою обраного виконавцями програмного пакету розроблення проєктно-конструкторської документації. В основному написі має бути записано назва креслення *Таблиця з'єднань блоку* … (назва блоку). Код креслення має починатися з абревіатури *ТПЗА* і закінчуватися *ТС4* – схема з'єднань комбінована, табличне виконання. У випадку, якщо трубні проводки на схемі відсутні, код креслення має закінчуватися *ТЭ4* – схема з'єднань електрична, табличне виконання.



Кабель, джгут, труба	Напрямок		Напрямок за кресленням розташування	Кабель, провід				Труба		Використовувані лінійні довжини запасів	Креслення установки	Примітка
	звідки	куди		Марка, кількість жил, переріз	Кількість додаткових жил	Довжина, м		Марка, діаметр	Довжина, м			
						від проектних відміток	фактична					
Технічні вимоги												
Таблиця з'єднань зовнішніх проводок виконана на базі												
Схеми автоматизації ТПЗА.ХХХХХХ.ХХХХ.Е2 та схеми з'єднань ТПЗА.ХХХХХХ.ХХХХ.С4												
1	FE (1A)	Щит місцевого керування	–	ПВС 2×1	2	5		–	–	ВЛ		
2	FE (4A)	Щит місцевого керування	–	ПВС 2×1	2	5		–	–	ВЛ		
3	TE (7A)	Щит місцевого керування	–	ПГВ1 2×1	2	5		–	–	ВЛ		
4	QE (3A)	Клемна коробка 1	–	ПВС 2×1	2	5		–	–	ВЛ		
5	TE (6A)	Клемна коробка 1	–	ПВС 3×1	3	5		–	–	ВЛ		
6	Щит місцевого керування	Клемна коробка 2	–	КВВГ 10×1,5	8	10		–	–	ВЛ	ЛК-ЗК-ХХХХ-АХТ	
7	Клемна коробка 1	Клемна коробка 2	–	КВВГ 5×1,5	5	10		–	–	ВЛ		
8	Клемна коробка 2	Клемний шит операторської	–	КВВГ 16×1,5	13	20		–	–	ВЛ	ЛК-ЗК-ХХХХ-АХТ	
01	Апарат 4	Щит місцевого керування	–	–	–	–	–	РА12 4/2,5	4	ВЛ	ЛК-ЗК-ХХХХ-АХТ	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	ТПЗА.ХХХХХХ.ХХХХ.ТС4			
Розроб.						Таблиця з'єднань блоку першого системи автоматизації ділянки підготовки аміаку	Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Затверджено						1	1
Затв.		Складальний							

Рисунок 12.2 – Приклад виконання таблиці з' єднань зовнішніх проводок за *ДСТУ Б А.2.4-3–2009.*

Контрольні запитання та завдання

1. Що таке таблиця з'єднань зовнішніх проводок? Яке її призначення?
2. З якою метою використовується таблиця з'єднань зовнішніх проводок?
3. Які нормативні документи регламентують розробку таблиці з'єднань зовнішніх проводок?
4. Які вимоги висуваються до таблиці з'єднань зовнішніх проводок?
5. Які переваги та недоліки використання таблиці з'єднань зовнішніх проводок?
6. З яких стовпчиків складається таблиця з'єднань зовнішніх проводок? Які дані містяться у стовпчиках таблиці з'єднань зовнішніх проводок?
7. Які дані містяться у рядках таблиці з'єднань зовнішніх проводок?
8. Як позначаються у таблиці з'єднань зовнішніх проводок різні типи проводів?
9. Як позначаються у таблиці з'єднань зовнішніх проводок прилади та засоби автоматизації?
10. Як позначаються у таблиці з'єднань зовнішніх проводок з'єднувальні коробки та щити?
11. Як знайти у таблиці з'єднань зовнішніх проводок інформацію про провід, кабель або трубу, які слід використати?
12. Як знайти у таблиці з'єднань зовнішніх проводок інформацію про прилад, до якого приєднуються проводки?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 13
Розроблення переліків вхідних та вихідних сигналів програмно-технічного комплексу керування

Мета роботи: набути практичних умінь та досвіду розроблення переліків вхідних та вихідних сигналів, які передаються між приладами польового рівня та програмно-технічним комплексом у системах автоматизації.

Завдання, початкові дані та особливості виконання роботи

У роботі слід розробити таблиці, які містять перелік вхідних та вихідних сигналів, що передаються від та до програмно-технічного комплексу системи керування. Розроблені таблиці мають мати наступні колонки:

- для кожного аналогового сигналу – найменування вимірюваної величини, одиниці виміру, діапазон зміни, вимоги періодичності вимірювання, тип сигналу;
- для кожного дискретного сигналу – найменування, розрядність та періодичність, тип сигналу;
- для усіх сигналів джерело формування або приймач сигналу.

Мінімальна кількість проводок в усіх таблицях – 32. Має биту виконано на менше трьох різних таблиць.

Початковими даними до роботи є технологічна схема процесу або її фрагмент та відповідна їй схема автоматизації процесу.

Роботи виконується бригадою з двох студентів, які працюють командно.

Час на виконання роботи – два аудиторних заняття, 180 хвилин.

Нормативні документи

Переліки вхідних та вихідних сигналів складаються відповідно до вимог стандарту *ГОСТ 24.205-80. Система технічної документації на АСК. Вимоги до змісту документів з інформаційного забезпечення*, термін дії якого наразі закінчено, і тому він носить рекомендаційний характер. Проте інший документ з цих питань відсутній, тому вказаним ГОСТ продовжують користуватися. У відповідності до цього документу, переліки мають чітко визначати:

- для кожного аналогового сигналу – найменування вимірюваної величини, одиниці виміру, діапазон зміни, вимоги до точності та періодичності виміру, тип сигналу;
- для кожного дискретного сигналу – найменування, розрядність та періодичність, тип сигналу;

– для кожного сигналу типу «так-ні» про наявність чи відсутність деякої події – вказівка джерела формування.

Вказаний стандарт регламентує лише зміст переліків вхідних та вихідних сигналів, форма подання переліків стандартом не регламентується. Проте, з практичних міркувань, доцільно оформлювати їх у формі таблиць. Приклади таких таблиць наведено у додатку В.

Теоретичні відомості

Проєкти сучасних промислових автоматизованих систем поділяється на два рівні проєкт польового рівня автоматизованих систем та проєкт програмно-технічного комплексу. До програмно-технічного комплексу відносяться програмно-логічні контролери, промислові комп'ютери, сервери автоматизованих систем, тощо. До польового рівня промислових автоматизованих систем відносяться:

– пристрої польового рівня: датчики, виконавчі механізми, електродвигуни, апарати, інші механізми;
– прилади місцевого керування електричними приводами запірної арматури на трубопроводах і електродвигунами насосів і інших механізмів;
– традиційні пункти керування пристроями польового рівня з аналоговими і цифровими показують приладами, ключами і кнопками управління.

Для поєднання цих рівнів у єдину систему, між ними організовується обмін сигналами. Ці сигнали містять дані датчиків, команди виконавчим механізмам тощо. Проєкт програмо-технічного комплексу має містити окремі документи, які описують весь перелік таких сигналів. До переліків необхідно вносити усі сигнали, що надходять як від польового рівня до програмно-технічного комплексу так і у зворотному напрямку. Вхідні сигнали надходять:

– від технологічних датчиків;
– з операторських пультів: установки, команди, сигнали, що визначають режими роботи системи тощо;
– від суміжних систем автоматизації.

До переліків вихідних сигналів необхідно вносити усі сигнали, що надходять з виходів обчислювального комплексу:

– на виконавчі механізми;
– на операторські пульти, табло індикації стану об'єкта та системи, попереджувальна та аварійна сигналізація тощо;
– до суміжних систем автоматизації.

У сучасних програмно-технічних комплексах використовується відносно невеликий перелік сигналів. Зокрема, вхідні сигнали:

– сигнали термоелектричних перетворювачів: термометрів опору та термопар;

– аналогові сигнали постійного струму 4…20, 0…20 мА з напругою +24 вольт (*IA_DC* = 24, *I – input, A – analog, DC – direct current*, = 24 – напруга в ланцюзі +24 вольта);
– дискретні сигнали змінного струму з напругою 220 вольт (*ID_AC* ~ 220; *D – discreet, AC – alternative current*, ~ 220 – змінна напруга в ланцюзі 220 вольт);
– дискретні сигнали постійного або змінного струму з напругою 24 вольт (*ID_DC* = 24 – постійна напруга в ланцюзі +24 вольт; *ID_DC* ~ 24 – змінна напруга в ланцюзі 24 вольт;)

Ланцюг дискретного вхідного сигналу програмно-технічного комплексу підключається до вторинного нормально розімкненого контакту реле. Коли на вхід реле подається напруга з боку технологічної схеми, цей контакт замикається і через опір всередині модуля дискретного введення протікає струм. Наявність струму або напруги на вхідному опорі модуля означає появу дискретного сигналу на вході.

Вихідні сигнали:

– аналогові сигнали постійного струму 4…20, 0…20 мА з напругою + 24 вольт (*OA_DC* = 24, *O – output,* A – *analog, DC – direct current*, = 24 – напруга в ланцюзі +24 вольта);
– дискретні сигнали змінного струму з напругою 220 вольт (*OD_AC* ~ 220; *D – discreet, AC – alternative current*, ~ 220 – змінна напруга в ланцюзі 220 вольт);
– дискретні сигнали постійного або змінного струму з напругою 24 вольт (*OD_DC* = 24 – постійна напруга в ланцюзі +24 вольт; *OD_DC* ~ 24 – змінна напруга в ланцюзі 24 вольт;)

Ланцюги дискретних вихідних сигналів влаштовані наступним чином. На виході модуля дискретних виходів встановлюється міні-реле з входом зверненим всередину програмно-технічного комплексу. У момент подачі команди, реле спрацьовує і замикає вторинний контакт, клеми якого надаються на розсуд користувача. В залежності від типу реле на вторинний контакт можна подавати змінну напругу 24 і 220 або постійну напругу 24 вольт. Струми, що протікають через контакт реле, обмежені його внутрішнім опором. Зазвичай вони вказуються у технічному паспорті пристрою і не перевищують 100 мА.

Приклад виконання роботи

У якості прикладу розглянемо складання переліку вхідних та вихідних сигналів системи автоматизації процесу двоступеневого очищення природних газів моноетаноламіновим методом. Вважаємо що щит керування процесом реалізовано у вигляди програмно-технічного комплексу (ПТК). Для прикладу візьмемо частину системи, для якої виконано фрагмент схеми автоматизації з відповідними контурами, зображеними на рисунку 13.1.

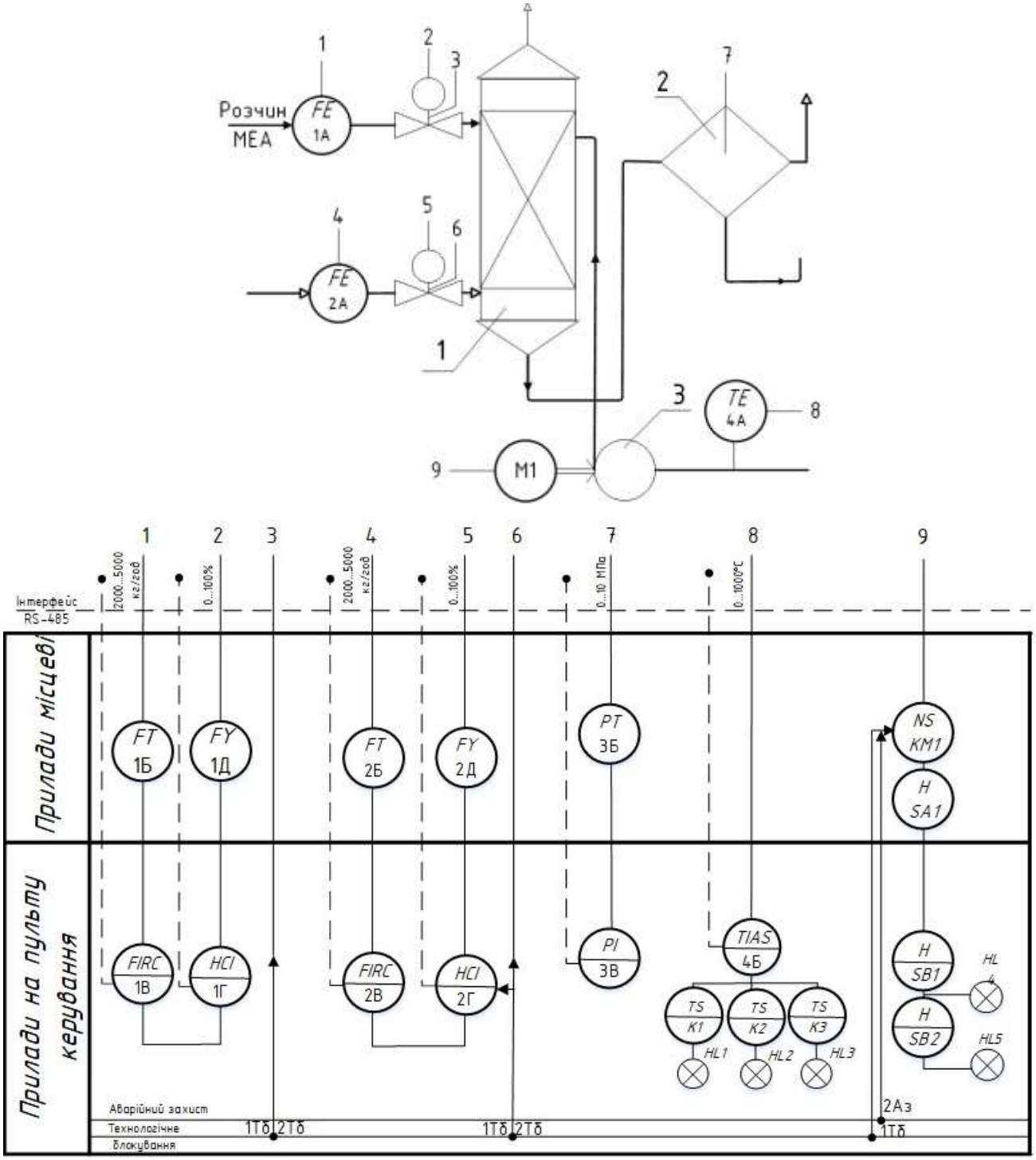


Рисунок 13.1 – Схема автоматизації процесу двоступеневого очищення природних газів моноетаноламіновим методом (фрагмент).

У якості аналогового вхідного та вихідного сигналів приймаємо стандартний аналоговий сигнал 4...20 мА, з постійною напругою 24 В. Дискретні вхідні сигнали на даній схемі відсутні. У якості вихідного дискретного сигналу приймемо сигнал постійного струму напругою 24 В. Опишемо сигнали для кожного контуру відповідно до фрагменту схеми автоматизації:

– контур 1: на вхід ПТК подається аналоговий сигнал від місцевого перетворювача *1Б*, у якості вихідного формується аналоговий сигнал керування ступенем відкриття вентилю, який подається на прилад *1Д*;
– контур 2: на вхід ПТК подається аналоговий сигнал від місцевого перетворювача *2Б*, у якості вихідного формується аналоговий сигнал керування ступенем відкриття вентилю, який подається на прилад *2Д*;
– контур 3: на вхід ПТК подається аналоговий сигнал від місцевого перетворювача *3Б*;
– контур 4: на вхід ПТК подається аналоговий сигнал термоперетворювача безпосередньо від термопари *4А*, конкретний тип термоперетворювача встановлюється за замовною специфікацією, яка розробляється одночасно зі схемою автоматизації;
– контур 5: керування вмиканням і вимиканням двигуна насоса відбувається подачею дискретного сигналу на магнітний пускач, у якості дискретного сигналу приймемо сигнал постійного струму 24 вольт;
– про необхідність увімкнення системи аварійного захисту будемо повідомляти дискретним сигналом постійного струму 24 вольт;
– про необхідність увімкнення технологічних блокувань будемо повідомляти дискретним сигналом постійного струму 24 вольт.

Для прикладу розберемо сигнали першого контуру. Розпочнемо з заповнення даних вхідного аналогового сигналу. Необхідні відомості для заповнення стовпців таблиці можна знайти у описі схеми автоматизації. У графу таблиці *Найменування* вносимо фізичний параметр, який підлягає вимірюванню, у даному випадку це витрата сировини. Значення для графи *Діапазон зміни* також зазначене у вище згаданому документі та у специфікації до схеми автоматизації, і в даному випадку складає 2000…5000 кг/год. У графу *Тип сигнал у* записуємо визначений вище аналоговий сигнал. Періодичність зміни подібних сигналів зазвичай визначається частотою опитування приладів і складає від 0,1 до 1 секунди. Приймемо значення 1 секунда. *Джерело формування* сигналу – перетворювач *1Б*. Таким чином, за наведеним у додатку В зразком, записуємо перший рядок таблиці вхідних неперервних сигналів (таблиця 13.1).

Таблиця 13.1 – Перелік вхідних неперервних сигналів навчального прикладу, перший рядок

№ з/п	Найменування	Діапазон зміни	Тип сигналу	Періодичність зміни	Джерело формування
1	Витрата сировини	2000…5000 кг/год	IA_DC = 24, 4… 20 мА	1 секунда	перетворювач 1Б

У першому контурі схеми також формується вихідний аналоговий сигнал, який слід занести до переліку вихідних неперервних сигналів. У графу *Найменування* записуємо дані про те, що цим сигналом визначається ступінь відкриття вентиля подачі сировини. Очевидно, що діапазон зміни ступеню відкриття будь-якого вентиля знаходиться у межах від 0% до 100%. Тип цього сигналу та періодичність його зміни повністю аналогічні попередньому, з врахуванням тої обставини, що сигнал вихідний. Приймачем сигналу є прилад *1Д*. Таким чином записуємо перший рядок таблиці вихідних неперервних сигналів (таблиця 13.2).

Таблиця 13.2 – Перелік вихідних неперервних сигналів навчального прикладу, перший рядок

№ з/п	Найменування	Діапазон зміни	Тип сигналу	Періодичність зміни	Приймач
1	Ступінь відкриття вентилю подачі сировини	0…100%	OA_DC = 24, 4… 20 мА	1 секунда	прилад 1Д

Аналогічним чином записуємо інші сигнали до переліків вхідних та вихідних неперервних сигналів. Заповнені переліки подано в таблицях 13.3 та 13.4

Таблиця 13.3 – Перелік вхідних неперервних сигналів (навчальний приклад)

№ з/п	Найменування	Діапазон зміни	Тип сигналу	Періодичність зміни	Джерело формування
1	Витрата сировини	2000…5000 кг/год	IA_DC = 24, 4… 20 мА	1 секунда	перетворювач 1Б
2	Витрата газу	2000…5000 кг/год	IA_DC = 24, 4… 20 мА,	1 секунда	перетворювач 2Б
3	Тиск у трубопроводі	0…10 МПа	IA_DC = 24, 4… 20 мА	1 секунда	перетворювач 3Б
4	Температура в потоці сировини	0…1000°С	Напруга термопари	1 секунда	Термопара ТПР

Розглянемо заповнення таблиці вихідних дискретних сигналів. Перш за все зазначимо, що графу *Розрядність* залишаємо порожньою. Для сигналу вмикання та вимикання насосу у контурі 5 зазначаємо дані. У графу *Найменування* заносимо

інформацію про те, що цим сигналом визначається режим роботи насоса. Тип цього сигналу, як було обумовлено раніше, сигнал постійного струму напругою 24 В. Періодичність його зміни визначається командою оператора. Приймачем сигналу є магнітний пускач двигуна насоса. Крім того, до цієї таблиці занесемо сигнали вмикання аварійних сигналізацій та технологічних блокувань. Заповнений перелік подано в таблиці 13.5.

Таблиця 13.4 – Перелік вихідних неперервних сигналів (навчальний приклад)

№ з/п	Найменування	Діапазон зміни	Тип сигналу	Періодичність зміни	Приймач
1	Ступінь відкриття вентиля подачі сировини	0…100%	OA_DC = 24, 4… 20 мА	1 секунда	прилад 1Д
2	Ступінь відкриття вентиля подачі газу	0…100%	OA_DC = 24, 4… 20 мА	1 секунда	прилад 2Д

Таблиця 13.5 – Перелік вихідних дискретних сигналів навчального прикладу,

№ з/п	Найменування	Розрядність	Тип сигналу	Періодичність зміни	Приймач
1	Режим роботи насоса		OD_DC = 24	За командою оператора	Магнітний пускач двигуна насоса
2	Сигналізація про аварію насосу		OD_DC = 24	У разі виникнення аварії	Система аварійного захисту
3	Блокування вентилю подачі сировини		OD_DC = 24	За командою системи технологічних блокувань	Вентиль подачі сировини
4	Блокування вентилю подачі газу		OD_DC = 24	За командою системи технологічних блокувань	Вентиль подачі газу

5	*Блокування двигуна насоса*		*OD_DC = 24*	*За командою системи технологічних блокувань*	*Магнітний пускач двигуна насоса*

Додаткове завдання (виконується за бажанням, за виконання нараховуються додаткові бали рейтингу). Занести у відповідні таблиця сигнали, що формуються для передачі даних промисловою мережею за інтерфейсом *RS*-485, як це зображено на фрагменті схеми автоматизації.

Оформлення результатів виконання роботи

Результатом роботи є такі таблиці:

- перелік вхідних неперервних сигналів;
- перелік вхідних дискретних сигналів;
- перелік вихідних неперервних сигналів;
- перелік вихідних дискретних сигналів.

Кількість таблиць може змінюватися від трьох до чотирьох у залежності від варіанту завдання. Таблиці оформлюються на аркушах формату А4 без рамки, основного напису і додаткових граф до нього. Кожна таблиця повинна мати заголовок. Можлива подача результатів роботи як у паперовому, так і електронному (у форматі *.pdf*) документі.

Контрольні запитання та завдання

1. На які рівні поділяється проєкт програмно-технічного комплексу? Що включає в себе кожен з цих рівнів?
2. З якою метою в проєкті програмно-технічного комплексу створюється окремий документ передачі сигналів? Від чого і до чого можуть надходити такі сигнали?
3. Яким нормативним документом регламентується перелік вхідних та вихідних сигналів?
4. Наведіть основні типи вхідних і вихідних сигналів.
5. За якою формою складається перелік вхідних та вихідних сигналів?
6. Наведіть правила запису аналогових та дискретних сигналів різних типів у перелік вхідних та вихідних сингалів.
7. Чим визначається періодичність зміни сигналу? Наведіть можливі варіанти.
8. Чому у сучасних переліках дискретних сигналів не зазначається розрядність сигналу? Чому колонка для занесення цього параметру не виключається з переліку?

Список рекомендованої літератури

Базова література

1. *Дранчук М.М.* Проектування систем автоматизації технологічних процесів в нафтовій та газовій промисловості [Текст]: навч. посібник / М.М. Дранчук, – Івано-Франківськ, 2003. – 941с.
2. *Проектування систем керування:* [Текст] навч. посібник / М. З. Кваско, Я. Ю. Жураковський, А. І. Жученко, В. В. Миленький, – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – 344 с. ISBN 978–966–2425–32–1
3. *Пушкар, М.С.* Проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко, – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с. ISBN 978-966-350-423-0
4. *Трегуб В.Г.* Проектування систем автоматизації. [Текст]: навч. посібник / В.Г. Тригуб, – К.: Вид-во Ліра-К, 2014. – 344 с. ISBN 978-966-2609-58-5

Додаткова література

5. *Проектування систем* електрифікації та автоматизації АПК: Підручник // І.І. Мартиненко, В.П. Лисенко, Л.П. Тищенко, І.М. Болбот, П.В. Олійник / – К., 2008. – 330 с. ISBN 966-7906-34-5
6. *Проєктування систем автоматизації*: Практикум. Частина 1 : [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобув. спеціальності 151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології / уклад.: Ю.А. Запорожець, С.В. Плашихін, Д.М. Складанний, – Електронні текстові данні (1 файл 2,0 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 74 с.

Додатки

Додаток А
Витяг з рейтингової системи оцінювання результатів навчання щодо оцінювання практичних робіт

Всього протягом семестру передбачено виконання 13 практичних робіт. Ваговий бал кожного заняття – 5 балів. Максимальна кількість балів за всі роботи дорівнює 5 × 13 = 65 балів. Бали виставляються наступним чином:

– завдання роботи (частини роботи, передбаченої для виконання на одному занятті) виконано вірно і вчасно, протягом встановленого часу заняття, отримані вірні відповіді – 5 балів;

– завдання роботи виконано вірно, але робота виконана не вчасно, у термін, що перевищує час практичного заняття, отримані вірні відповіді – 4 бали;

– завдання роботи (частини роботи, передбаченої для виконання на одному занятті) виконано частково вірно протягом встановленого часу заняття, і довиконана повністю, у термін до двох тижнів після практичного заняття, отримані вірні відповіді – від 2 до 3 балів;

– завдання роботи (частини роботи, передбаченої для виконання на одному занятті) виконано частково вірно протягом встановленого часу заняття, і частково довиконана, у термін до двох тижнів після практичного заняття, отримані вірні відповіді – від 1 до 2 балів;

– завдання роботи не виконано або виконано повністю невірно – 0 балів.

Примітка: в разі якщо студент був відсутній на занятті з поважної причини, що підтверджується документально і пред’явив на наступному занятті виконане завдання пропущеної роботи, робота вважається виконаною вчасно.

Додаток Б
Короткі відомості про маркування проводів та кабелів

Маркування кабелів містить літерні та цифрові позначення. Літерне позначення може містити до п’яти позицій:

- *перша позиція* – К – кабель з мідними жилами або АК – кабель, жили якого виконано з алюмінію, МК – монтажний кабель;
- *друга позиція* – з чого зроблена ізоляція: В – полівінілхлорид (ПВХ), П – поліетилен, Пв – зшитий поліетилен, Пс – самозагасаючий поліетилен, Р – гума, НР – негорюча гума, Г – відсутність захисного шару (голий), Ф – фторопласт , Ц – плівкова ізоляція (для монтажних кабелів);
- *третя позиція* – тип захисної оболонки (якщо є): А – алюмінієва, С – свинцева, П – поліетиленовий шланг, Пу – посилений поліетиленовий шланг, В – ПВХ шланг, Р – гума;
- *четверта позиція* – вид броні (якщо є): БС – броня свинцева, ББГ – сталева профільована стрічка, Бб – дві сталеві стрічки, Бл – броня з двох сталевих стрічок з подушкою із пластмасових стрічок, Бн – сталеві стрічки, поверх яких намотана негорюча захисна оболонка, К – сталеві дроти, покриті захисною сталевою стрічкою, Д – сталеве обплетення з двох проводів, П – сталевий плоский дріт;
- *п’ята позиція* – вид зовнішнього покриву, конструкція кабелю: Г – захист від корозії (гідроізоляція), якщо Г відсутня – є захист від механічних навантажень, Е – екранований (зазвичай алюмінієва фольга), О – проводи в ізоляції, з'єднані обмоткою, В – якщо це літера остання – паперова ізоляція, якщо після неї є інші літери – ПВХ, Шв – захист у вигляді вінілового шлангу, Шп – захист у вигляді поліетиленового шлангу, Шпс – самозагасаючий поліетилен, Н – інший негорючий матеріал.

Після літер маркування кабелю містить ряд цифр. Вони відображають робочу напругу, на яку розрахований кабель (якщо цифри немає, то використовується для мережі до 220 В), а також кількість та переріз жил. Першою стоїть кількість, через знак «×» перетин. Якщо всі жили однакового перетину, така пара цифр одна, якщо є виділені жили для «нуля» (вони меншого перерізу), через знак «+» стоїть друга пара цифр.

Приклади:

- *КВВГ*: жили мідні (відсутня літера А на першій позиції), перша з двох літер В – ізоляція жил ПВХ, друга В – захисна оболонка також ПВХ, Г – гідроізольований, захищений від корозії; кабель КВВГ вважається оптимальним для внутрішніх проводок; цифри відображають кількість та переріз жил, наприклад: КВВГ 2×2,5 – два провідники перетином 2,5 мм^2;

КВВГ 3×4 – три провідники перетином 4 мм^2; КВВГ 3×4 + 1×2,5 – три робочі жили перетином 4 мм^2 і одна «нульова» – перетином 2,5 мм^2.

- *АКПвПу2Г*: А – алюмінієві жили, Пв – ізоляція провідників зі зшитого поліетилену, Пу – внутрішня захисна оболонка – посилений поліетиленовий шланг, 2Г – подвійна гідроізоляція
- *МКЕШ*: літери А першому місці немає – жили мідні, МК – монтажний кабель, Е – екранований (алюмінієвою фольгою); Ш – зовнішній захист – шланг ПВХ.
- *КВБбШвнг*: мідні жили; В – ізоляція жив із ПВХ; Бб – броня із двох сталевих стрічок; Швнг – зовнішній віниловий шланг негорючий (НГ).

Маркування проводів. Провід маркуються за тією ж схемою, що й кабелі, проте кількість позицій обмежена трьома:

- *перша позиція* – матеріал жил: А – алюміній, без літери А – мідь;
- *друга позиція* – П – провід, ПП – плоский провід, Ш – шнур; у першому випадку зазвичай одножильним, у другому і третьому зазвичай складається з двох або трьох, рідше більше, жил;
- *третя позиція* – матеріал ізоляції: В – ПВХ, П – поліетилен, Р – гума, Н – найрит, Л – бавовняна оболонка, покрита лаком, О – бавовняне обплетення з просоченням; М – маслостійка гума; також на цій позиції може бути інформація про конструкцію або призначення дроту: Г – гнучкий, Т – для прокладання в трубах, С – сполучний.

Після літер стоять цифри за аналогією з кабелями, це кількість провідників (перша цифра) та їх поперечний переріз (друга цифра).

Приклади:

- *АПВВ*: А – алюмінієві жили, ПП – провід плоский, В – вінілова ізоляція;
- *ПНСВ*: літери А немає, отже жили мідні, ПН – провід нагрівальний, С – сталева жила, кругла, В – оболонка ПВХ;
- *ПВС* (*ПВСн, ПВСм*): П – провід, В – ізоляція та оболонка з ПВХ, С – сполучний, н – п’ятий клас гнучкості, м – третій клас гнучкості;
- *ПВ* (*ПВ1*, *ПВ2, ПВ3*): П – провід, В – ізоляція та оболонка з ПВХ, 1, 2, 3 – клас гнучкості.

Маркування волоконно-оптичних кабелів має особливості. Перші дві літери – ОК (оптичний кабель). Далі слідує певний набір позначень, якими шифруються параметри. Загалом структура маркування після букв «ОК» така:

- *умови прокладання кабелю*: Г – в ґрунт, К – в каналізацію, П – у пластикові труби; С – самонесучий, П – підвісний;
- *займистість оболонки*: нг – негорючий при груповій прокладці; н – негорючий при одиночній прокладці; відсутність літер – звичайний горючий

поліетилен; якщо кабель н чи нг, далі уточнюють тип оболонки: LS – поліетилен, який не виділяє галогенів, має знижене виділення диму та газів; HF – поліетилен, який при горінні та тлінні не поширює корозійно-активні гази, не містить галогенів;

- *тип модульної конструкції*: М – багатомодульний, Ц – одномодульний з центральною трубкою.
- *конструктивне виконання модульної конструкції*: 00 – одномодульний, 01 – багатомодульний зі склопластиковим стрижнем, 02 – багатомодульний зі сталевим тросом; 03 – багатомодульний зі сталевим дротом, 04 – багатомодульний з арамідними нитками;
- *тип оптоволокна*, якщо їх декілька, вказується для кожного: Е1 – одномодове оптоволокно з незміщеною дисперсією за рекомендацією ITU-T G.652.B, Е3 – одномодове оптоволокно із додатковим вікном прозорості за рекомендацією ITU-T G.652.D, Е5 – одномодове оптоволокно з ненульовою дисперсією за рекомендацією ITU-T G.655, М1 – багатомодове оптоволокно 50/125 (G.651), М2 – багатомодове оптоволокно 62,5/125.

Додаток В
Приклади таблиць вхідних та вихідних сигналів

Таблиця В.1 – Перелік вхідних неперервних сигналів

№ з/п	Найменування	Діапазон зміни	Тип сигналу	Періодичність зміни	Джерело формування
1	Температура в першій зоні печі	800…1200°C	Напруга термопари	30 секунд	Термопара ТПР

Таблиця В.2 – Перелік вхідних дискретних сигналів

№ з/п	Найменування	Розрядність	Тип сигналу	Періодичність зміни	Джерело формування
1	Стан клапану АК-8		ID_DC = 24	10 секунд	Реле клапана

Таблиця В.3 – Перелік вихідних неперервних сигналів

№ з/п	Найменування	Діапазон зміни	Тип сигналу	Періодичність зміни	Приймач
1	Ступінь відкриття вентилю 2К	0…100%	OA_DC = 24, 4…20 мА	1 секунда	Виконавчий механізм вентилю 2К

Таблиця В.4 – Перелік вихідних дискретних сигналів

№ з/п	Найменування	Розрядність	Тип сигналу	Періодичність зміни	Приймач
1	Увімкнути насос НТ-4		OD_DC = 24	За командою оператора	Магнітний пускач двигуна насоса НТ-4