

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до самостійного (дистанційного) засвоєння навчальної дисципліни  
**«ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНТРОЛЕРІВ»**  
для студентів спеціальності  
151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до самостійного (дистанційного) засвоєння навчальної дисципліни  
**«ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНТРОЛЕРІВ»**  
для студентів спеціальності  
151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету  
протокол № 1 від 25.02.2021 р.

Харків  
НТУ «ХП»  
2021

Методичні вказівки до самостійного (дистанційного) засвоєння навчальної дисципліни «Програмне забезпечення промислових контролерів» для студентів спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної (дистанційної) форм навчання / уклад.: І. Г. Лисаченко, М. О. Подустов, А. К. Бабіченко, А. І. Дзевочко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2021 – 24 с.

Укладачі: Лисаченко І. Г.

Подустов М. О.

Бабіченко А. К.

Дзевочко А. І.

Рецензент доц. Красніков І. Л.

Кафедра автоматизації технологічних систем  
та екологічного моніторингу

## ВСТУП

Методичні вказівки розроблені як допомога до самостійного (дистанційного) вивчення навчальної дисципліни *«Програмне забезпечення промислових контролерів»* студентами денної та заочної (дистанційної) форм навчання за спеціальністю 151 – *«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*. В методичних вказівках наведені вимоги стандарту вищої освіти першого рівня підготовки (бакалавра) за вказаною спеціальністю [1].

Вказівки містять необхідні відомості про порядок вивчення навчальної дисципліни, вимоги до знань та вмінь студентів, розподіл навчального часу, форму, види та порядок проведення занять, змістовні модулі, перелік питань та практичних завдань до модулів та іспиту, варіанти індивідуальних завдань та перелік питань для самостійного контролю. Зважаючи на мету видання, методичні вказівки не містять теоретичних відомостей, тобто, вони лише вказують студенту про порядок засвоєння дисципліни. Отже, здобувачу вищої освіти необхідно використовувати додаткові інформаційні матеріали та інші друковані видання, тобто, курс лекцій, методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та індивідуального домашнього завдання. Посилання на джерела інформації наведені у списку літератури.

### **1. ВІДОМОСТІ З НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ ДО ДИСЦИПЛІНИ**

Предметом вивчення навчальної дисципліни є програмне забезпечення промислових контролерів відповідно до міжнародного стандарту *IEC61131-3* [2] та принципи розроблення управляючих програм користувача для локальних систем автоматизації. Їхнє використання дозволяє створювати прикладне програмне забезпечення для промислових контролерів, які є апаратно-програмною складовою комп'ютерно-інтегрованих систем управління технологічними процесами та виробництвами. Метою викладення дисципліни є формування знань та вмінь щодо принципів викорис-

тання відкритих програмних технологій у промисловості для забезпечення роботи технологічного устаткування. Результати вивчення навчальної дисципліни використовуються при виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра та у подальшому навчанні, під час здобуття диплому магістра з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій за спеціалізацією 151.02 – «Комп'ютерно-інтегровані виробництва та прикладне програмування».

Згідно джерелу [1] із таблиці з компетентностями здобувача вищої освіти першого рівня наведений перелік спеціальних компетентностей випускника (бакалавра) після вивчення навчальної дисципліни «Програмне забезпечення промислових контролерів»:

– Компетентність K16. Це здатність використовувати для вирішення професійних завдань новітні технології у галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, зокрема, проектування багаторівневих систем керування, збору даних та їх архівування для формування бази даних параметрів процесу та їх візуалізації за допомогою засобів людино-машинного інтерфейсу.

– Компетентність K17. Це здатність обґрунтовувати вибір технічної структури та вміти розробляти прикладне програмне забезпечення для мікропроцесорних систем керування на базі локальних засобів автоматизації, промислових логічних контролерів та програмованих логічних матриць і сигнальних процесорів.

– Компетентність K19. Це здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач автоматизації.

Крім того, у стандарті [1] наведені програмні результати навчання за спеціальністю:

– Програмний результат ПР09. Це вміння проектувати багаторівневі системи керування і збору даних для формування бази параметрів процесу та їх візуалізації за допомогою засобів людино-машинного інтерфейсу, використовуючи новітні комп'ютерно-інтегровані технології.

– Програмний результат ПР010. Це вміння обґрунтовувати вибір структури та розробляти прикладне програмне забезпечення для мікропроцесорних систем управління на базі локальних засобів автоматизації, промислових логічних контролерів та програмованих логічних матриць і сигнальних процесорів.

Результатом вивчення навчальної дисципліни є матриця відповідності визначених стандартом [1] компетентностей дескрипторам Національної рамки кваліфі-

кацій (перелік НРК – знання, уміння, комунікація та відповідальність і автономія). Таким чином, для вказаних компетентностей будуть такі результати вивчення навчальної дисципліни, а саме:

- для К16 це знання, уміння, відповідальність і автономія;
- для К17 це знання, уміння, відповідальність і автономія;
- для К19 це уміння, відповідальність і автономія.

Отже, відповідно до вимог стандарту [1] програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів (тем):

1. Основні принципи стандарту *IEC61131-3* щодо створення прикладного програмного забезпечення для промислових контролерів.

2. Принципи створення управляючих програм користувача у середовищі *CoDeSys V2* [3] для програмування контролерів *ОВЕН*.

3. Принципи створення управляючих програм користувача у середовищі *WinPLC7 V5* [4, 5] для програмування контролерів *VIPA*.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:**

- основні принципи стандарту *IEC61131-3*;
- оператори та синтаксис технологічних мов програмування (текстових та графічних);
- класифікацію, технічні характеристики, принципи побудови та функціонування промислових контролерів;
- порядок створення, налагодження та завантаження програм користувача до ПЛК;
- особливості підключення до ПЛК датчиків та виконавчих механізмів на локальному рівні та його місце у автоматизованих системах управління;

**вміти:**

- створювати програми користувача для ПЛК *ОВЕН* та *VIPA* (у середовищі *CoDeSys V2* та *WinPLC7 V5*);
- проводити конфігурування ресурсів ПЛК *ОВЕН* та *VIPA*;
- завантажувати програми користувача до ПЛК *ОВЕН* та *VIPA*;
- створювати візуалізацію роботи ПЛК *ОВЕН* для управління технологічним об'єктом (у середовищі *CoDeSys V2*).

**бути ознайомленим:**

- з загальними технічними вимогами до промислових контролерів;

- з методами оцінювання технічних характеристик промислових контролерів з точки зору їхньої надійності та часу реакції на зміни у технологічному об'єкті.

Навчальна дисципліна базується на знаннях та вміннях, які студенти попередньо отримали під час вивчення інших навчальних дисциплін:

- інформатика;
- електротехніка та електромеханіка;
- технологічні вимірювання та прилади;
- електроніка та мікропроцесорна техніка.

При вивченні дисципліни використовуються такі види занять: лекції, лабораторні заняття, а також самостійна робота студентів. Самостійна робота студентів, крім закріплення лекційного матеріалу, передбачає вивчення додаткового теоретичного матеріалу згідно з переліком питань, наведених у відповідному розділі. Також студенти самостійно опрацьовують теоретичний матеріал під час підготовки до лабораторних занять. Для самостійної роботи розроблені методичні матеріали для підготовки до лабораторних робіт та виконання індивідуального домашнього завдання. Система контролю якості навчання студентів передбачає поточне опитування з теоретичного матеріалу під час проведення лабораторних занять (тести). Контроль оцінок знань та вмінь студентів проводиться за підсумком виконання модульних контрольних робіт у середині та у кінці семестру. Результативність самостійної роботи студента забезпечується системою контролю оцінки якості знань згідно з кредитно-рейтинговою системою (*ECTS*). Остаточне оцінювання знань та вмінь студентів проводиться за підсумком виконання модульних контрольних робіт, лабораторного практикуму та результатів виконання індивідуального домашнього завдання.

Згідно з навчальним планом розподіл навчального часу такий: загальний обсяг – 180 год. (6 кредитів *ECTS*), у тому числі: аудиторні заняття – 64 год. (лекції – 32 год., лабораторні заняття – 32 год.), самостійна робота – 116 год.

Структурно навчальна дисципліна складається з трьох модулів. Лабораторні заняття містять необхідний обсяг навчальної інформації для самостійного виконання індивідуального розрахункового завдання.

Отримані знання та вміння використовуються студентами при подальшому виконанні кваліфікаційної роботи для отримання освітньої кваліфікації «Бакалавр з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій» з подальшим правом отримання другого рівня освіти (магістр).



## 2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ЗМІСТ МОДУЛІВ

У цьому розділі наведений перелік тем та питань, які розглядаються на лекціях та при проведенні лабораторних робіт, а також теоретичні питання та практичні завдання, які розглядаються і виконуються під час проведення модульних контрольних робіт.

*Модуль 1* складають дві теми, зміст яких наведений нижче.

### **Тема 1. Основні принципи стандарту IEC61131-3**

Призначення та основні вимоги стандарту *IEC61131-3*. Апаратне та програмне забезпечення промислових контролерів. Складові елементи програмного забезпечення промислових контролерів. Принципи використання технологічних мов програмування промислових контролерів. Типові етапи та процедури процесу розроблення прикладного програмного забезпечення для промислових контролерів.

### **Тема 2. Загальні відомості про будову та принципи використання середовища *CoDeSys V2***

Інтерфейс середовища *CoDeSys V2*: меню, інструменти та редактори. Структура проєкту в *CoDeSys*: задачі, ресурси, конфігурація та візуалізація. Програмні та апаратні комунікаційні засоби зв'язку з ПЛК. Типи даних, константи та змінні. Операнди та оператори. Організаційні програмні компоненти. Принципи застосування технологічних мов програмування контролерів. Порядок застосування бібліотек. Створення візуалізацій в середовищі *CoDeSys* [6, 7, 8, 9].

Для закріплення теоретичних знань пропонується виконати тести за темами 1 та 2, приклад яких наведений нижче.

*Тест 1. Загальні відомості про типи даних та принципи адресування змінних.*

#### **ВАРІАНТ 1**

|                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Вибрати пряму адресу для області пам'яті дискретних виходів ПЛК.<br>[1] <b>AT%QX1.5</b><br>[2] <b>AT%IX1.5</b><br>[3] <b>AT%MX1.5</b>                                         | 2. Якому об'єму даних відповідає змінна з префіксом <b>w</b> в імені?<br>[1] <b>біт</b> [4] <b>подвійне слово</b><br>[2] <b>байт</b> [5] <b>довге слово</b><br>[3] <b>слово</b> |
| 3. Скільки байтів вміщує змінна з типом даних <b>DINT</b> ?<br>[1] <b>1</b> [5] <b>5</b><br>[2] <b>2</b> [6] <b>6</b><br>[3] <b>3</b> [7] <b>7</b><br>[4] <b>4</b> [8] <b>8</b>  | 4. Який діапазон змінної відповідає типу <b>SINT</b> ?<br>[1] <b>-128...127</b><br>[2] <b>-32768...32767</b><br>[3] <b>0...65535</b><br>[4] <b>0...255</b>                      |
| 5. З перелічених пар типів вибрати ті, що мають однаковий розмір.<br>[1] <b>WORD та UINT</b><br>[2] <b>WORD та USINT</b><br>[3] <b>WORD та ULINT</b><br>[4] <b>WORD та UDINT</b> | 6. Який розмір в байтах має змінна цілого типу з префіксом <b>S</b> ?<br>[1] <b>1</b><br>[2] <b>2</b><br>[3] <b>4</b><br>[4] <b>8</b>                                           |







*CoDeSys V2* є безкоштовним, не потребує реєстрування на сайті виробника та вільно завантажується з електронного ресурсу за посиланням [3].

*Приклади типових завдань для самостійного виконання.*

1. У середовищі *CoDeSys* створити проєкт для дискретного управління насосом залежно від величини тиску. Передбачити включення насоса при 20 % та відключення насоса при 90 % від максимально можливого тиску, а також сигналізацію про режими роботи насоса. Створити візуалізацію процесу.

*Початкові дані:* параметр – тиск (імітує змінний резистор 0...1 кОм, весь діапазон резистора відповідає 2 атм.).

2. У середовищі *CoDeSys* створити проєкт для сигналізації про вихід параметра за необхідні межі діапазону («U-логіка»). Вихідний пристрій включається при  $T < T_{уст} - \Delta$  і  $T > T_{уст} + \Delta$ . Необхідно утримувати ВМ у поточному стані протягом деякого часу, навіть якщо логіка роботи вимагає перемикавання. Створити візуалізацію процесу.

*Початкові дані:* параметр – тиск повітря (перетворювач тиску 0...100 кПа у УТС 4...20 мА), уставка – 55 кПа, гістерезис – 1 кПа, ВМ – індикатор, час затримки перемикавання  $\tau_{зад}=3$  с.

3. У середовищі *CoDeSys* створити проєкт з функціональним блоком для перетворення значення уніфікованого струмового сигналу у фізичний параметр – тиск. Створити бібліотеку користувача зі створеним ФБ. Створити візуалізацію процесу.

*Початкові дані:* Вимірюваний параметр – тиск повітря. Використати перетворювач тиску 0...100 кПа в уніфікований струмовий сигнал 4...20 мА.

4. У середовищі *CoDeSys* створити проєкт програмного задавача з функціональним блоком для перетворення значення опору в уніфікований струмовий сигнал (4...20 мА). Створити бібліотеку користувача зі створеним ФБ. Створити візуалізацію процесу.

*Початкові дані:* Вимірюваний параметр – опір (імітує змінний резистор 0...1 кОм), використати аналоговий вихід з сигналом 4...20 мА.

5. У середовищі *CoDeSys* створити проєкт для двохпозиційного регулятора температури («охолоджувача»/«нагрівача») із застосуванням дискретного ВМ на виході ПЛК. Застосувати затримку спрацьовування ВМ, якщо умова перемикавання зберігається протягом установленого значення часу. Створити візуалізацію процесу.

*Початкові дані:* регульований параметр – температура в моделі теплообмінника, завдання – 40 °С, гістерезис  $\pm 4$  °С, час затримки 5 с.

6. У середовищі *CoDeSys* створити проєкт програмного П-регулятора рівня у ємності за допомогою бібліотеки *Util.lib*. Має бути реалізований вибір двох значень завдань за допомогою перемикача. Створити візуалізацію процесу.

*Початкові дані:* регульований параметр – рівень (імітує змінний резистор з діапазоном 0...1 кОм, що відповідає 0...10 м), уставки – 6 та 7 м, ВМ – засувка аналогової дії на виході 4 – 20 мА.

7. У середовищі *CoDeSys* створити проєкт для формування ШІМ-сигналу з можливістю зміни шпаруватості із застосуванням блоку *BLINK* з бібліотеки *Util.lib* для управління ВМ. Створити візуалізацію процесу.

*Початкові дані:* шпаруватість ШІМ-сигналу залежить від значення опору змінного резистора 0...1 кОм.

8. У середовищі *CoDeSys* створити проєкт для програмного ПІД-регулятора з автоналаштуванням та ШІМ-управління 2-позиційним ВМ («нагрівачем») на дискретному виході ПЛК. Застосувати бібліотеку *PID\_Regulators*. Створити візуалізацію процесу.

*Початкові дані:* регульований параметр – температура у моделі теплообмінника, завдання – 35 °С.

9. У середовищі *CoDeSys* створити багатозадачний проєкт з прикладом виклику *POU* типу *Program* для задач типу циклічна, залежно від події та «вільна». Створити візуалізацію процесу.

*Початкові дані:* Циклічна задача – це опитування дискретних датчиків за схемою два з трьох для вмикання лампи. Задача залежно від події – це включення насоса на 10 с, коли значення змінного резистора буде більше 400 Ом. Вільна задача – це рахування кількості вмикань насоса.

10. У середовищі *CoDeSys* створити проєкт з функціональним блоком для перетворення значення уніфікованого струмового сигналу у фізичний параметр – тиск. Створити бібліотеку користувача зі створеним ФБ. Створити візуалізацію процесу.

*Початкові дані:* Вимірюваний параметр – тиск повітря. Використати перетворювач тиску 0...200 кПа в уніфікований струмовий сигнал 4–20 мА.

*Модуль 2* присвячений вивченню середовища *WinPLC7 V5* для програмування контролерів *VIPA* та вміщує одну тему, зміст якої наведений нижче.

### **Тема 3. Принципи використання середовища *WinPLC7***

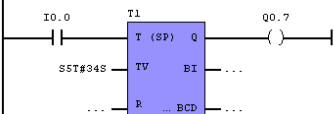
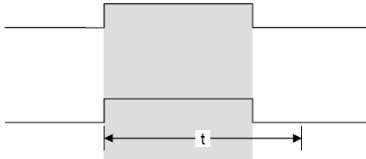
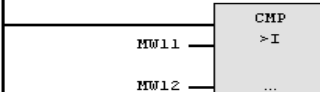
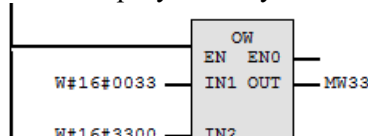
Інтерфейс середовища *WinPLC7 V5*: меню, інструменти та редактори. Структура проєкту у середовищі *WinPLC7*: блоки, ресурси та конфігурація. Програмні та апаратні комунікаційні засоби зв'язку з ПЛК. Типи даних, константи та змінні.

Принципи адресації даних у середовищі *WinPLC7*. Операнди та оператори у середовищі *WinPLC7*. Оброблення аналогових сигналів у середовищі *WinPLC7*. Організаційні програмні компоненти. Принципи застосування технологічних мов програмування контролерів. Порядок застосування бібліотек. Порядок налагодження проектів у симуляторі *WinPLC7* [11, 12, 13, 14, 15].

Для закріплення теоретичних знань пропонується виконати тест за темою другого модуля, приклад якого наведений нижче.

*Тест 1. Загальні відомості про типи даних, принципи адресування змінних та використання таймерів і лічильників:*

### ВАРІАНТ 1

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. З якими типами даних працює даний елемент <math>\text{-( )-}</math>?</p> <p>[1] TIME      [4] REAL<br/>           [2] WORD     [5] BOOL<br/>           [3] INT       [6] BYTE</p>                                                                                                                                                                              | <p>2. Які операнди відповідають наступному елементу <math>\text{- I-}</math>?</p> <p>[1] I7.4            [4] T5.1<br/>           [2] IB7.4         [5] Q5.6<br/>           [3] M5             [6] QB5.6</p>                                                                      |
| <p>3. Коли включиться <b>Q0.7</b>?</p>  <p>[1] одночасно з запуском програми користувача<br/>           [2] одночасно зі спрацюванням <b>I0.0</b><br/>           [3] через 34 с після спрацювання <b>I0.0</b><br/>           [4] через 34 с після запуску програми користувача</p> | <p>4. Якому типу таймера відповідає діаграма?</p>  <p>[1] SE            [4] SA<br/>           [2] SV            [5] SS<br/>           [3] SI            [6] SB</p>                            |
| <p>5. Як буде представлено значення часу <b>2550</b> с у форматі <b>S5T(BCD)</b>?</p> <p>[1] 0001_0010_0101_0101<sub>2</sub><br/>           [2] 0010_0010_0101_0101<sub>2</sub><br/>           [3] 0011_0010_0101_0101<sub>2</sub><br/>           [4] 0000_0010_0101_0101<sub>2</sub></p>                                                                            | <p>6. Поточне значення лічильника дорівнює <b>999</b>. Яке значення буде на виході <b>BCD</b>, коли на вхід <b>CD</b> буде подано ще <b>1</b> імпульс?</p> <p>[1] 997            [3] 999<br/>           [2] 998            [4] 000</p>                                           |
| <p>7. Який буде стан RS-триггера, якщо на обох входах будуть одиниці?</p> <p>[1] TRUE<br/>           [2] FALSE</p>                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>8. Який тип даних порівнюється у блоці</p>  <p>[1] INTEGER      [2] WORD</p>                                                                                                              |
| <p>9. Де задається значення параметра котушки-лічильника?</p> <p>[1] <b>-(CU)-</b><br/>           [2] <b>-(SC)-</b><br/>           [3] <b>-(CD)-</b><br/>           [4] <b>-(CS)-</b></p>                                                                                                                                                                            | <p>10. Який результат буде на виході блока?</p>  <p>[1] 0000<sub>16</sub><br/>           [2] 3300<sub>16</sub><br/>           [3] 0033<sub>16</sub><br/>           [4] 3333<sub>16</sub></p> |

Лабораторний практикум модуля складається з чотирьох лабораторних робіт:  
*Лабораторна робота 1. Загальні принципи програмування контролерів VIPA*

у середовищі *WinPLC7 V5* на прикладі реалізації дискретного автомата.

*Лабораторна робота 2.* Застосування таймерів та лічильників у середовищі *WinPLC7*.

*Лабораторна робота 3.* Принципи реалізації 2-позиційного та ШІМ-регулювання у контролерах *VIPA* у середовищі *WinPLC7*.

*Лабораторна робота 4.* Принципи реалізації ПІД-регулювання у контролерах *VIPA* у середовищі *WinPLC7*.

Джерело [11] дозволяє самостійно виконати лабораторний практикум без застосування спеціального обладнання (ПЛК) на звичайному ПК зі встановленим спеціальним програмним забезпеченням *WinPLC7 V5* [16]. Зауважимо, що середовище *WinPLC7 V5* є безкоштовним та вільно завантажується з електронного ресурсу за посиланням [4].

Приклади типових завдань для самостійного виконання.

1. Розробіть програму користувача, у якій умовою вмикання та вимикання вихідних елементів будуть логічні вирази, які наведені у табл. 1. При цьому необхідно скласти таблицю істинності, тобто визначити необхідний стан входів для вмикання виходу.

Таблиця 1 – Варіанти умов для вмикання вихідних елементів

| № з/п | Логічна умова (X1...X8 – перемикачі типу «сухий контакт», які підключені до ПЛК) | Дискретні виходи |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1     | (X1 AND X3) OR (X4 AND X5 AND NOTX6)                                             | Q0.0             |
| 2     | (X2 OR X5) AND (NOT X1 AND X7 AND X6)                                            | Q0.1             |
| 3     | (X1 AND X3) OR X4 AND NOTX5 AND X8)                                              | Q0.2             |
| 4     | (X2 AND X3) XOR (X1 AND X5 AND X6)                                               | Q0.3             |
| 5     | (NOT X1 XOR X3) AND (X4 OR X5 OR X8)                                             | Q0.4             |
| 6     | (X2 AND NOT X3) OR (X4 AND X5 AND X7)                                            | Q0.5             |
| 7     | X2 AND X3 AND NOT X4 AND (X1 XOR X6)                                             | Q0.6             |
| 8     | (X1 OR X3 OR X4) AND (NOT X5 OR X8)                                              | Q0.7             |

2. Розробіть програму користувача для дискретного управління тепловим об'єктом: нагрівачем або охолоджувачем. У програмі необхідно реалізувати такі функції:

- вмикання сигналізації (використати індикатори) при виникненні будь-якої з аварій на об'єкті (використати перемикачі на дискретних входах ПЛК);
- вимикання об'єкта при виникненні будь-якої з аварій;



– вмикання та вимикання об'єкта за допомогою перемикача, за умови відсутності аварій.

Вмикання живлення теплового об'єкта (*heater* або *cooler*) або лампи сигналізації (*lamp*) здійснюється залежно від результату логічної операції (РЛО) над трьома входними дискретними змінними: *pusk*, *avar* та *porag*. Якщо РЛО має статус “TRUE”, то вмикається індикатор стану об'єкта. У разі спрацьовування датчиків індикатор *lamp* буде червоного кольору, а індикатор об'єкта вимикається. Об'єкт включений до моменту змінення стану змінної *pusk* з “TRUE” на “FALSE” або до спрацьовування датчиків *avar* або *porag*.

3. Для другого завдання для самостійного виконання необхідно доопрацювати програму користувача. Котел вмикається на певний час, наприклад, на 20 с. Після появи умов аварійного відключення котел повинен вимикатися із затримкою на 5 с. Необхідно рахувати кількість хибних та істинних аварій.

### **3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ВИКОНАННЯ**

Метою виконання індивідуального домашнього завдання (ІДЗ) є зміцнення та поглиблення знань та вмінь, які отримані студентами під час проведення лекційних та лабораторних занять.

Основним завданням є розроблення прикладного програмного забезпечення (ППЗ) для системи управління на базі промислових контролерів вільного програмування.

Для розроблення ППЗ необхідно використати середовище *CoDeSys V2* для програмування контролерів *ОВЕН*. Вказане середовище повністю відповідає вимогам стандарту *IEC61131-3* та використовується для створення ППЗ для систем управління на базі мікропроцесорних промислових контролерів вільного програмування *ОВЕН ПЛК100/150/154/110/160*. Опис основних принципів роботи з контролерами та середовищем їхнього програмування наведено в джерелах [3–10], а технічну підтримку та додаткову інформацію можна одержати за електронною адресою *owen.ua* в *Internet*.

Під час виконання ІДЗ студент повинен на основі аналізу технологічного регламенту розробити алгоритм управління установкою, обґрунтувати вибір моделі та модифікації ПЛК та розробити ППЗ. При цьому студент повинен продемонструвати навички роботи у середовищі *CoDeSys* щодо розроблення ППЗ, тобто створення проєкту з використанням різних технологічних мов програмування, користуючись

спеціальним програмним забезпеченням для завантаження та налагодження програми користувача.

Завдання для виконання ІДЗ студент отримує у вигляді опису алгоритму управління об'єктом, що поданий у вигляді технологічної або машинно-апаратної схеми автоматизації, на яку нанесені датчики та виконавчі механізми з переліком основних режимів роботи та функціональних вимог для забезпечення нормальної роботи технологічного устаткування.

Для технологічного устаткування можуть бути запропоновані різні експлуатаційні (технологічні) режими: запуск та зупинення установки, умови забезпечення її нормального функціонування і порядок реагування на виникнення різних нештатних та аварійних ситуацій. Вимоги до функціонування об'єкта можуть бути задані у вигляді технологічних режимних або рецептурних карт, а також функціональних циклограм. Однією із складових завдання на розроблення ІДЗ є визначення процесів та алгоритмів, що підлягають імітаційному моделюванню під час розроблення ППЗ.

Індивідуальне домашнє завдання виконується за декілька етапів:

- перший – розроблення блок-схеми алгоритму управління об'єктом;
- другий – вибір конфігурації контролера; розроблення схеми підключення датчиків, виконавчих механізмів та інших пристроїв системи управління до вхідних і вихідних модулів контролера; складання таблиці зовнішніх сигналів;
- третій – розроблення ППЗ для реалізації алгоритму управління для вибраного типу ПЛК;
- четвертий – налагодження ППЗ на діючому обладнанні (або за допомогою симулятора та візуалізації).

Після виконання ІДЗ необхідно за допомогою вбудованих засобів документування у середовищі *CoDeSys* провести документування готового проєкту з ППЗ. Крім того, необхідно зробити скріншоти екранів з візуалізаціями проєкту у запущеному стані (режим **ONLINE**). Також у пояснювальній записці потрібно навести потрібні схеми, таблиці та пояснення.

На етапі захисту ІДЗ, крім електронних матеріалів (проєкт з ППЗ), студент повинен подати звіт про результати виконаної роботи у друкованому вигляді. Звіт повинен складатись з таких обов'язкових елементів згідно з вимогами щодо оформлення звітів:

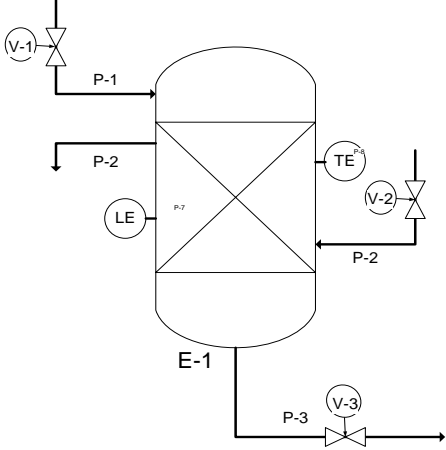
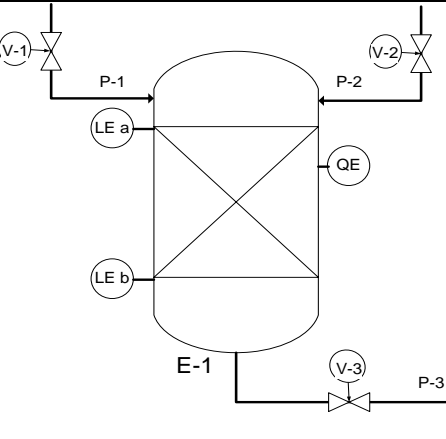
- а) титульний аркуш (оформлення відповідно до вимог стандартів);

- б) аркуш із завданням (текст завдання та функціональна схема об'єкта);
- в) обґрунтування технічних рішень для реалізації завдання (типи датчиків, виконавчих механізмів, модель ПЛК);
- г) роздрукований лістинг проекту з усіма отриманими результатами у вигляді скриншотів;
- д) висновки та рекомендації щодо застосування ППЗ.

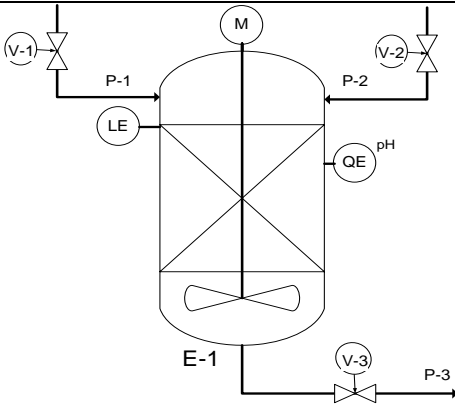
Усього звіт повинен складати не більше 15 сторінок формату А4 з дотриманням всіх правил та норм оформлення.

Захист роботи здійснюється індивідуально у позааудиторний час (на 14–16 тижнях семестру, до початку залікового тижня), із підтвердженням результатів безпосередньо на ПК та стендах. Студенти заочної форми навчання захищають проєкт напередодні проведення іспиту.

Далі наведені варіанти індивідуальних завдань.

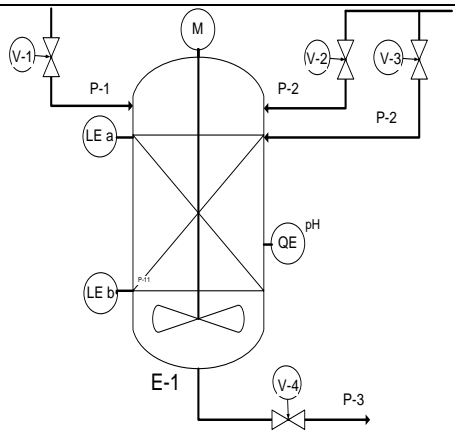
| ВАРІАНТ 1                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <p>Після натискання кнопки «Пуск» відкривається клапан <i>V-1</i> і рідина заповнює апарат на 40 %. Після цього <i>V-1</i> закривається і відкривається клапан <i>V-2</i> на 90 % на трубопроводі подачі пари. Після досягнення заданої температури 70 °С клапан <i>V-2</i> закривається повністю і рідина витримується в апараті 900 с. Коли термін часу вичерпався, відкривається клапан <i>V-3</i> і рідина зливається з апарата. Коли апарат порожній – цикл повторюється</p>                                                                                     |
| ВАРІАНТ 2                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|  | <p>Після натискання кнопки «Пуск» відкривається клапан <i>V-1</i> і апарат заповнюється продуктом до рівня «<i>b</i>». Далі клапан <i>V-1</i> закривається. Після витримки часу 140 с відкривається клапан <i>V-2</i> на 10 %. Якщо через 80 с концентрація (рН) в апараті не досягне заданого значення, то клапан <i>V-2</i> відкрити на 25 %. Коли концентрація досягнута або досягнуто рівень «<i>a</i>» – повністю закрити клапан <i>V-2</i> і відкрити клапан <i>V-3</i> (для зливу суміші з апарата). Після досягнення рівня «<i>b</i>» – цикл повторюється</p> |

### ВАРІАНТ 3



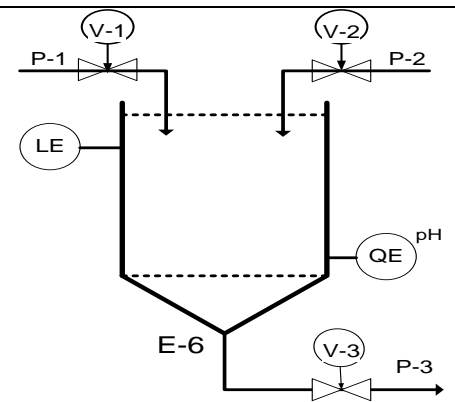
Якщо апарат порожній та натискається кнопка «Пуск», відкривається клапан *V-1*, апарат заповнюється водою до рівня 50 %. Далі клапан *V-1* закривається і на 60 % відкривається клапан *V-2*. Продукт з 2-го трубопроводу заповнює апарат до рівня 90 %. Далі клапан *V-2* закривається і на 540 с вмикається мішалка. Після вичерпання часу – відкривається клапан *V-3* і суміш зливається з апарата. Коли апарат порожній – цикл повторюється

### ВАРІАНТ 4



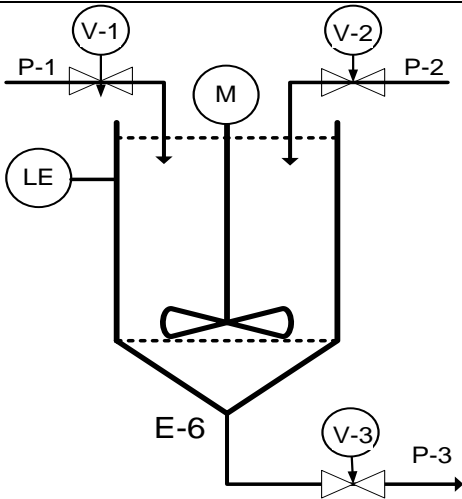
Якщо апарат порожній та натискається кнопка «Пуск», відкривається клапан *V-1* і рідина заповнює апарат до рівня «*b*». Далі клапан *V-1* закривається, вмикається мішалка і на 40 % відкривається клапан *V-2*. Якщо через 175 с концентрація (*pH*) в апараті не досягне потрібного значення, то додатково відкривається клапан *V-3* на 15 %. Якщо концентрація досягнута або досягнуто рівень «*a*» – закрити клапани *V-2* та *V-3*, відкрити клапан *V-4* (злив суміші за апарата). Після досягнення рівня «*b*» – цикл повторюється

### ВАРІАНТ 5



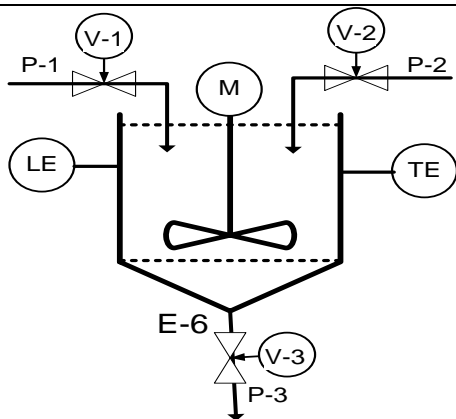
Якщо апарат порожній та натискається кнопка «Пуск», відкривається клапан *V-1* і вода заповнює апарат на 60 %. Далі клапан *V-1* закривається, на 30 % відкривається клапан *V-2* і продукт надходить в апарат до досягнення потрібної концентрації. Якщо концентрація не досягнута, а рівень більше 80 %, клапан *V-2* закривається, клапан *V-3* відкривається (рідина виливається з апарата). Після досягнення нульового рівня – цикл повторюється

ВАРІАНТ 6



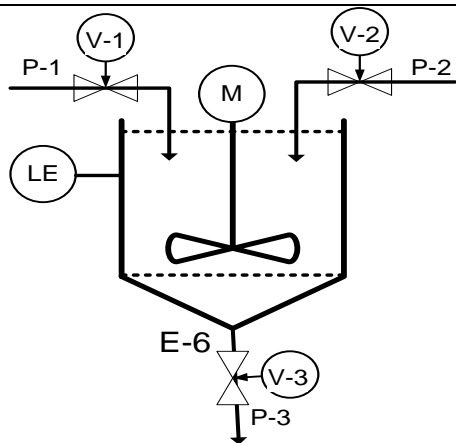
Якщо апарат порожній та натискається кнопка «Пуск», відкривається клапан V-1 на 90 % і вода заповнює апарат на 30 %. Далі клапан V-1 закривається, відкривається клапан V-2 і продукт надходить в апарат до рівня 50 %. Клапан V-2 закривається і на 200 с вмикається мішалка. Коли термін часу вичерпався повністю, відкривається клапан V-1 і рідина заповнює апарат на 80 %. Закривається клапан V-1 і знову вмикається мішалка на 10 хв. Далі після закінчення часу відкривається клапан V-3 і рідина виливається з апарата. Після досягнення нульового рівня – цикл повторюється

ВАРІАНТ 7



Якщо апарат порожній та натискається кнопка «Пуск», відкривається клапан V-1 і вода заповнює апарат на 50 %. Далі клапан V-1 закривається, відкривається клапан V-2 і вмикається мішалка, гарячий продукт надходить в апарат до досягнення температури заданої величини. Якщо температура досягнута – вимикається мішалка та клапан V-2, відкривається клапан V-3 і рідина виливається з апарата. Після досягнення нульового рівня – цикл повторюється

ВАРІАНТ 8



Якщо апарат порожній та натискається кнопка «Пуск», відкривається клапан V-1 і вода заповнює апарат на 40 %. Далі клапан V-1 закривається до 15 %, відкривається клапан V-2 і продукт надходить в апарат до досягнення рівня 80 %. Клапани V-1 та V-2 закриваються і на 220 с вмикається мішалка. Коли час вичерпався, відкривається клапан V-3 і рідина виливається з апарата. Після досягнення нульового рівня клапан V-3 закривається. Далі цикл повторюється

#### 4. ПЕРЕЛІК ТИПОВИХ ЗАПИТАНЬ

1. Роль та місце ПЛК у складі системи управління . Призначення , структура і принцип дії ПЛК.
2. Основні характеристики і класифікація типів ПЛК.
3. Основні принципи стандарту *IEC\_61131*. Стисла характеристика складових елементів стандарту .
4. Склад проєкту в середовищі *CoDeSys*. Елементи й ієрархія елементів у проєкті.
5. Апаратні ресурси ПЛК *ОВЕН* . Функції апаратних каналів вводу/виводу в ПЛК *ОВЕН*.
6. Конфігурація ресурсів ПЛК *ОВЕН* в середовищі *CoDeSys*. Фіксований набір модулів конфігурації ПЛК *ОВЕН*.
7. Стисла характеристика мов програмування ПЛК відповідно до стандарту *IEC\_61131*.
8. Особливості застосування мови **SFC** для програмування керуючих алгоритмів.
9. Операнди та оператори в проєкті. Вбудовані функції і оператори.
10. Характеристика і класифікація типів **POU** в середовищі *CoDeSys*. Ієрархія **POU** в проєкті.
11. Класифікація типів даних відповідно до стандарту *IEC\_61131*.
12. Порядок розподілу пам'яті в ПЛК. Пряма і символна адресація операндів у середовищі *CoDeSys* .
13. Класифікація і нотація бітових типів даних у середовищі *CoDeSys*.
14. Класифікація і нотація цілочисельних типів даних у середовищі *CoDeSys*.
15. Формат представлення дійсного типу даних у середовищі *CoDeSys*.
16. Формат представлення типів даних для відображення часу , дати і їх комбінацій.
17. Спеціальні типи даних у середовищі *CoDeSys* . Порядок застосування **BCD**-формату та **ASCII**- коду для представлення даних.
18. Класифікація складових типів даних у середовищі *CoDeSys*.
19. Склад і структура програмного комплексу *CoDeSys*.
20. Глобальні та локальні змінні в проєкті. Актуальний і формальний параметри в проєкті.

21. Склад і характеристика бібліотеки **Standard.lib**, порядок підключення та застосування.
22. Склад і характеристика бібліотеки **Util.lib** , порядок підключення та застосування.
23. Склад і характеристика бібліотеки **PID\_Regulators.lib** , порядок підключення та застосування.
24. Реалізація багатозадачності в середовищі *CoDeSys*. Статус і типи завдань.
25. Інтерфейси та протоколи для підключення ПЛК *ОВЕН* до ПК.

Навчальне видання

Методичні вказівки

до самостійного (дистанційного) засвоєння навчальної дисципліни

«Програмне забезпечення промислових контролерів»

для студентів денної та заочної (дистанційної) форм навчання

за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Укладачі: ЛИСАЧЕНКО Ігор Григорович  
ПОДУСТОВ Михайло Олексійович  
БАБІЧЕНКО Анатолій Костянтинович  
ДЗЕВОЧКО Альона Ігорівна

Відповідальний за випуск проф. Михайло Подустов  
Роботу до видання рекомендував доцент Дудник О.В.  
Редактор О.І. Шпильова

План 2021 р., поз. 76.

---

Підп. до видання 05.06.21. Гарнітура Times New Roman.

Видавничий центр НТУ «ХПІ».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

---

Самостійне електронне видання.