**1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД**

У сучасному світі стрімкого розвитку науково-технічного прогресу особливе значення набуває підготовка висококваліфікованих фахівців у сфері автоматизації та робототехніки. Це пов’язано з тим, що саме ці напрямки є основою для модернізації промисловості, підвищення ефективності виробничих процесів та розвитку інноваційних технологій.

Сучасна технічна освіта потребує нових підходів до формування у студентів компетенцій, які є необхідними для ефективної роботи з інноваційним обладнанням, мікропроцесорними пристроями та системами автоматизації [3]. Особливе місце в цьому процесі займає використання лабораторних навчальних стендів, які дозволяють не лише засвоїти теоретичний матеріал, а й закріпити його через практичну діяльність.

Лабораторні стенди виступають ефективним засобом набуття навичок роботи з сучасними електронними та автоматизованими системами, дають можливість відпрацювати навички складання, налагодження, програмування та тестування автоматизованих модулів. Застосування таких стендів у навчальному процесі сприяє розвитку у студентів аналітичного мислення, креативності, вмінню приймати інженерні рішення, працювати з технічною документацією та користуватися сучасним програмним забезпеченням для моделювання і симуляції.

При створенні лабораторного стенду студент повинен продемонструвати широкий спектр знань і навичок. Зокрема, це розуміння принципів побудови автоматизованих систем керування, знання архітектури мікропроцесорних пристроїв. Крім того, студент має розвивати аналітичне мислення, вміння працювати з технічною документацією та застосовувати програмні засоби для візуалізації і симуляції роботи систем [4].

Таким чином, створення навчального стенду є не лише інженерним завданням, а й важливим етапом у формуванні фахівця з автоматизації, який володіє комплексними знаннями та практичними вміннями, що відповідають сучасним вимогам промисловості.

* 1. **Огляд мікропроцесорних пристроїв**

У процесі створення лабораторного навчального стенду особливу увагу необхідно приділити вибору мікропроцесорного пристрою, який забезпечуватиме зручне підключення елементів, взаємодію з компʼютером та стабільне функціонування системи у навчальних умовах. В цій дипломній роботі як основний мікропроцесорний пристрій використовується FESTO EasyPort D16 (рис. 1.1), що на сьогодні є одним з найзручніших інтерфейсних модулів для освітніх цілей.

Изображение выглядит как текст, электроника, маршрутизатор, дизайн

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

Рис. 1.1. Пристрій FESTO EasyPort D16

FESTO EasyPort D16 є мікропроцесорним пристроєм, який розроблений компанією Festo Didactic спеціально для освітніх і тренувальних цілей. Пристрій дозволяє підключати датчики, виконавчі механізми та логічні елементи до персонального компʼютера через USB-інтерфейс, забезпечуючи керування та моніторинг у режимі реального часу. Він підтримує 8 цифрових входів і виходів, а також 4 аналогові входи та 2 аналогові виходи, що дозволяє створювати різноманітні лабораторні стенди з автоматизації, пневматики, гідравліки, логіки та електротехніки [2].

Одна з ключових переваг FESTO EasyPort D16 полягає у його повній сумісності з програмними продуктами FluidSIM, EasyVeep та іншими віртуальними середовищами, що активно використовуються у технічній освіті. Це дозволяє створювати інтегровані лабораторні комплекси, де студент одночасно моделює процес у програмному середовищі та керує реальними елементами через EasyPort. Крім того, пристрій підтримує пряме керування через власні драйвери та API, що дозволяє будувати кастомізовані програми керування за допомогою мов програмування високого рівня, таких як Python або C#.

Важливою особливістю FESTO EasyPort D16 є його фізична надійність – пристрій має міцний корпус, призначений для багаторазового використання в лабораторних умовах, що особливо важливо в умовах коледжу або технікуму, де пристрої інтенсивно експлуатуються великою кількістю студентів.

Серед альтернатив FESTO EasyPort D16 в навчальному середовищі можна виділити такі пристрої як:

* Siemens LOGO! - це програмований логічний контролер (ПЛК) початкового рівня, який широко застосовується в освітніх установах і малих автоматизованих системах. Він розроблений компанією Siemens як просте і доступне рішення для вивчення основ програмування ПЛК, автоматизації та логіки. Контролер має зручний і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє швидко створювати і налаштовувати логічні схеми за допомогою спеціального програмного забезпечення LOGO! Soft Comfort.

Однією з ключових переваг LOGO! є його модульність: користувач може розширювати систему додатковими модулями вводу/виводу, а також інтегрувати аналогові сигнали, що робить пристрій гнучким для різних навчальних і промислових задач. При цьому контролер підтримує роботу з простими та складнішими логічними операціями, таймерами, лічильниками, а також може здійснювати базове управління моторами та приводами.

Проте, незважаючи на широке застосування у професійній та технічній освіті, Siemens LOGO! має певні обмеження, які варто враховувати при використанні для навчальних стендів з інтеграцією ПК. По-перше, цей контролер не орієнтований на безпосереднє підключення до персонального комп’ютера для керування через універсальні мови програмування (наприклад, Python, C#) або для роботи в симуляційних середовищах типу FluidSIM [5]. Відсутність відкритого API та обмежена підтримка зовнішніх протоколів ускладнюють створення інтегрованих лабораторних комплексів, де студент міг би одночасно моделювати процеси і контролювати реальний пристрій через ПК.

По-друге, програмне забезпечення LOGO! Soft Comfort, хоч і просте у використанні, не надає широких можливостей для розробки складних або масштабованих проектів, що може бути недоліком для більш просунутих курсів автоматизації. Через це Siemens LOGO! частіше використовується для базового навчання логічним операціям і для ознайомлення з принципами роботи ПЛК, а не для комплексного програмування або інтеграції з іншими освітніми платформами.

Окрім освітніх застосувань, Siemens LOGO! (рис. 1.2) знайшов широке використання в побутових та комерційних автоматизованих системах, таких як керування освітленням, вентиляцією, насосами і простими виробничими процесами. Завдяки своїй надійності та простоті налаштування, він є ефективним рішенням для малих підприємств і домашніх систем автоматизації. Водночас, через обмежені функціональні можливості та відсутність підтримки складніших комунікаційних протоколів, LOGO! не підходить для великих промислових проєктів, що потребують інтеграції з сучасними системами управління та високої продуктивності. Це обмежує його використання саме в професійній технічній освіті, де потрібні більш гнучкі та масштабовані рішення.

Изображение выглядит как электроника, Электронное устройство, машина, Электронная техника

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

Рис. 1.2. Пристрій Siemens LOGO!

* Siemens S7-1200 - це промисловий програмований логічний контролер (ПЛК) середнього класу, який широко застосовується як у виробничих автоматизованих системах, так і в освітніх проєктах для підготовки фахівців у сфері автоматизації. Контролер розроблений компанією Siemens і входить до сімейства SIMATIC S7, що є одним із стандартів у промисловій автоматизації.

Однією з основних переваг S7-1200 є його висока продуктивність і надійність, що дозволяє ефективно виконувати складні логічні, арифметичні та часові операції в реальному часі [6]. Пристрій має розширені функції зв’язку: підтримує протоколи PROFINET, Ethernet/IP, що дозволяє інтегрувати його в сучасні мережі автоматизації і реалізовувати розподілені системи управління. Також S7-1200 підтримує широкий спектр модулів вводу/виводу, включаючи цифрові, аналогові, спеціалізовані модулі, а також функції безпеки.

Програмування контролера здійснюється у середовищі TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) - потужному інструменті Siemens для розробки автоматизованих систем. TIA Portal забезпечує інтегровану розробку, відлагодження та діагностику програм, а також підтримує різні мови програмування за стандартом IEC 61131-3: LAD (сходові діаграми), FBD (функціональні блоки), STL (мікрокод), SCL (структурована текстова мова) [7]. Це робить S7-1200 універсальним пристроєм як для індустрії, так і для навчальних цілей.

Однак, незважаючи на численні переваги, Siemens S7-1200 має і певні недоліки, особливо в контексті застосування в освітніх закладах коледжного рівня. По-перше, складність налаштування і використання TIA Portal вимагає від студентів і викладачів певного рівня підготовки, що може бути викликом для закладів із обмеженими ресурсами або початковим рівнем технічної освіти.

По-друге, висока вартість комплектів із контролером, модулями вводу/виводу та ліцензійного програмного забезпечення часто обмежує можливість широкого впровадження S7-1200 у навчальних лабораторіях, де бюджет і фінансування є критичними факторами.

Також варто відзначити, що інтеграція S7-1200 з універсальними освітніми симуляторами (наприклад, FluidSIM, CIROS) є менш поширеною порівняно з більш спеціалізованими освітніми пристроями, такими як FESTO EasyPort. Це знижує гнучкість використання контролера у комплексних навчальних стендах, які поєднують програмне моделювання з реальним апаратним керуванням.

В цілому, Siemens S7-1200 (рис. 1.3) є потужним і функціональним контролером, який ідеально підходить для підготовки студентів у сфері промислової автоматизації, проте його застосування у коледжах часто ускладнюється через складність експлуатації та значні фінансові витрати.

Изображение выглядит как принтер

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

Рис. 1.3. Пристрій Siemens S7-1200

* LabJack U6 — це універсальний модуль вводу/виводу, який широко застосовується в наукових дослідженнях, інженерних розробках і освітніх експериментах завдяки своїй гнучкості та широкому функціоналу. Цей пристрій підтримує як аналогові, так і цифрові сигнали, що дозволяє працювати з різноманітними сенсорами, виконавчими механізмами та іншими електронними компонентами. Важливою перевагою LabJack U6 є наявність відкритого API, що підтримує популярні мови програмування, такі як Python, LabVIEW, C++ та інші, що робить його зручним інструментом для створення кастомізованих рішень та автоматизованих систем вимірювання і контролю.

Однак, незважаючи на технічні переваги, LabJack U6 має деякі обмеження з точки зору освітнього процесу. По-перше, пристрій не має прямої інтеграції з популярними освітніми симуляторами або спеціалізованими програмами для моделювання, такими як FluidSIM або подібні середовища [8]. Це означає, що для повноцінного використання LabJack в навчальних лабораторіях викладачам та студентам необхідно самостійно проєктувати та збирати електричні схеми, підключати пристрої і розробляти програмне забезпечення для керування модулем. Для студентів-початківців та викладачів без значного досвіду у схемотехніці та програмуванні це може стати суттєвою перепоною, що ускладнює процес навчання і збільшує час на підготовку лабораторних робіт.

Таким чином, LabJack U6 (рис. 1.4) є потужним та універсальним інструментом для дослідницьких цілей і розробки індивідуальних рішень, але його застосування у навчальних закладах вимагає додаткових зусиль для інтеграції і адаптації під освітні завдання, що слід враховувати при виборі апаратної бази для лабораторних стендів.

Изображение выглядит как кабель, адаптер

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

Рис. 1.4. Пристрій LabJack U6

Таблиця 1.1

Порівняння мікропроцесорних пристроїв

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пристрій | Інтерфейс підключення | Кількість цифрових входів/виходів | Сумісність з освітнім ПЗ | |  | | --- | |  |  |  | | --- | | Основні недоліки | |
| |  | | --- | | FESTO EasyPort D16 |  |  | | --- | |  | | USB | 8 цифрових входів/виходів | |  | | --- | | FluidSIM, EasyVeep, інші |  |  | | --- | |  | | Обмежена кількість входів для складних систем |
| Siemens LOGO! | Ethernet, USB | До 24 входів / 16 виходів | Обмежена сумісність із стороннім ПЗ | Неможливість прямого підключення до ПК для кастомних ПЗ |
| Siemens S7-1200 | Ethernet | До 14 цифрових входів / 10 виходів | TIA Portal, підтримка SCADA | Висока ціна, складність у налаштуванні |
| LabJack U6 | USB | 14 цифрових входів/виходів | API для Python, LabVIEW | Відсутність інтеграції з освітніми симуляторами, потребує схемотехнічних знань |

Порівнявши основні характеристики та умови використання описаних пристроїв, можна зробити висновок, що FESTO EasyPort D16 є найбільш збалансованим рішенням для цілей створення лабораторного навчального стенду.

FESTO EasyPort D16 забезпечує:

* повну інтеграцію з найпоширенішими освітніми платформами (FluidSIM, CIROS);
* зручне підключення цифрових та аналогових сигналів;
* простоту налаштування та використання;
* фізичну надійність та довговічність;
* підтримку універсальних мов програмування для гнучкого керування.

Його вартість також є оптимальною в порівнянні з промисловими ПЛК, а функціональні можливості повністю покривають потреби базової та середньої технічної освіти. Саме тому FESTO EasyPort обраний як базовий мікропроцесорний пристрій для створення сучасного, ефективного та доступного навчального стенду.

**1.2 Аналіз навчальних стендів з мікропроцесорними пристроями**

В умовах сучасного розвитку технічної освіти в Україні важливим аспектом є оснащення навчальних закладів сучасними навчальними стендами, що дозволяють студентам на практиці ознайомитися з принципами роботи мікропроцесорних пристроїв. Одним з провідних постачальників такого обладнання є компанія Festo, яка пропонує широкий спектр навчальних систем для вивчення автоматизації, пневматики, електропневматики та мехатроніки.

* Один із прикладів використання обладнання Festo в Україні можна знайти в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» (рис. 1.5). Університет оснащений навчальними стендами, що дозволяють студентам вивчати основи пневматики та електропневматики. Ці стенди включають в себе різноманітні пневматичні та електропневматичні компоненти, що дають можливість проводити практичні заняття з монтажу, налаштування та діагностики пневматичних систем. Зокрема, використовується комплект навчального обладнання від компанії Festo Didactic, що включає в себе пневмоциліндри, розподільники, датчики та інші компоненти, необхідні для вивчення пневматичних систем [9].

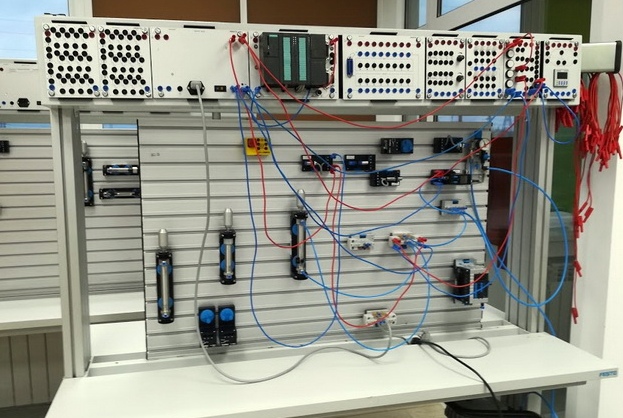


Рис. 1.5. Навчальний стенд в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка»

* Лабораторний стенд "Електричні машини та приводи" EM-3000 є сучасним навчальним комплексом, призначеним для вивчення електромеханічних систем. Він широко використовується в технічних навчальних закладах України та інших країн для практичного освоєння теоретичних знань з електротехніки та електроприводів.

EM-3000 виготовляється та постачається компанією ТОВ "СПЕКТРО ЛАБ", яка спеціалізується на постачанні лабораторного обладнання для навчальних закладів [10]. Компанія пропонує широкий асортимент навчальних стендів, зокрема для вивчення електричних машин та приводів.

Стенд EM-3000 активно використовується в лабораторіях технічних університетів та коледжів для проведення практичних занять з електротехніки. Завдяки своїй модульній конструкції та широким функціональним можливостям, він дозволяє студентам проводити експерименти з різними типами електричних машин, вивчати їх характеристики та принципи роботи.

Окрім України, стенд EM-3000 (рис. 1.6) також постачається до інших країн, де використовується в освітніх установах для підготовки фахівців у галузі електротехніки та автоматизації. Його універсальність та відповідність міжнародним стандартам роблять його популярним вибором серед навчальних закладів.

Изображение выглядит как машина, Электронная техника, электроника, панель управления

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

Рис. 1.6. Лабораторний стенд "Електричні машини та приводи" EM-3000

* Лабораторний тренажер PLC-220 є сучасною навчальною платформою, розробленою компанією «СПЕКТРО ЛАБ» для вивчення принципів роботи програмованих логічних контролерів (ПЛК) на базі SIEMENS S7-1200. Цей тренажер призначений для студентів технічних спеціальностей, зокрема автоматизації та мехатроніки, а також для інженерів, які прагнуть удосконалити свої практичні навички у галузі промислової автоматизації [11].

Лабораторний тренажер PLC-220 (рис. 1.7) є потужним інструментом для вивчення та практичного освоєння принципів роботи програмованих логічних контролерів. Його використання в навчальному процесі сприяє підготовці висококваліфікованих фахівців у галузі автоматизації та мехатроніки, що відповідає сучасним вимогам промисловості.

Изображение выглядит как метр, электроника, машина, панель управления

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

Рис. 1.7. Лабораторний тренажер PLC-220 на базі Siemens S7-1200

* Навчальний стенд MPS 203 Basic від компанії FESTO Didactic є сучасною платформою для набуття практичних навичок з автоматизації та мехатроніки. Однією з ключових складових цього стенда є пристрій FESTO EasyPort D16 - високотехнологічний інтерфейсний модуль, який забезпечує зв’язок між фізичними компонентами системи та комп’ютерними програмами для моделювання та керування виробничими процесами [12].

Використання пристрою FESTO EasyPort D16 в стенді MPS 203 Basic (рис. 1.8) значно розширює можливості для навчання студентів, дозволяючи їм на практиці вивчати принципи цифрової та аналогової сигналізації, розробляти та тестувати програми керування, а також інтегрувати різні системи автоматизації у єдину робочу структуру. Це забезпечує високий рівень підготовки майбутніх фахівців, що відповідає сучасним вимогам промисловості.

Изображение выглядит как Масштабная модель, машина, инжиниринг

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

Рис. 1.8. Навчальний стенд MPS 203 Basic на базі пристрою FESTO EasyPort D16

* Стенд ZE3157 є навчальним комплексом, який включає різноманітні типові схеми застосування мікроконтролерів. Він дозволяє студентам ознайомитися з електричними характеристиками мікроконтролерів, засвоїти теорію та методи керування, а також розвивати відповідні знання та навички [13]. Стенд підходить для навчання та оцінки навичок у вищих професійних коледжах та університетах.

Стенд ZE3157 (рис. 1.9) сприяє глибокому розумінню студентами принципів роботи мікропроцесорних систем, методів їхнього програмування та особливостей застосування в автоматизованих системах. Завдяки практичним заняттям на цьому обладнанні, майбутні інженери отримують необхідні навички для роботи в галузі електроніки та автоматизації.

Изображение выглядит как ноутбук, электроника, компьютер, Электронное устройство

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

Рис. 1.9. Навчальний комплекс ZE3157

Використання навчальних стендів Festo в Україні має ряд переваг:

* Сучасне обладнання: студенти працюють з сучасними компонентами, що відповідають актуальним вимогам промисловості.
* Практична орієнтація: навчання базується на практичних заняттях, що дозволяє студентам здобути реальні навички.
* Міжнародний досвід: Festo є міжнародно визнаним виробником, що забезпечує високу якість навчального обладнання.
* Підтримка та навчання: компанія Festo надає навчальні матеріали та проводить тренінги для викладачів, що сприяє підвищенню якості навчального процесу.

**1.3 Програмне забезпечення для роботи з мікропроцесорними пристроями**

У сучасному освітньому процесі, спрямованому на підготовку фахівців у галузі автоматизації, робототехніки та електроніки, надзвичайно важливе значення має програмне забезпечення для роботи з мікропроцесорними пристроями. Саме за допомогою спеціалізованих програмних комплексів студенти можуть не лише набути теоретичні знання, а й отримати цінні практичні навички, які будуть необхідні в їхній подальшій професійній діяльності.

Одним із провідних середовищ, яке широко застосовується у навчальних закладах, є FluidSIM (рис. 1.10). Це програмне забезпечення створене для моделювання та симуляції електричних, пневматичних та гідравлічних систем, що часто використовуються в автоматизації та керуванні технологічними процесами. FluidSIM надає студентам унікальну можливість у візуальній формі розуміти принципи роботи різних компонентів і систем, експериментувати з ними віртуально, не ризикуючи пошкодити реальне обладнання. Гнучкий інтерфейс і велика бібліотека елементів дозволяють створювати як прості, так і складні моделі, що робить процес навчання більш інтерактивним і захоплюючим [14].

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, число

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

Рис. 1.10. Виробнича сцена FluidSIM

Ще одним надзвичайно популярним середовищем є LabVIEW (рис. 1.11), розроблене компанією National Instruments. LabVIEW є візуальною платформою для створення додатків, що виконують збір, аналіз і візуалізацію даних, а також управління обладнанням. У навчальному процесі LabVIEW дозволяє створювати власні програми без необхідності писати складний код — користувачі формують логіку роботи системи за допомогою блок-схем і візуальних елементів [15]. Це дуже зручно для студентів, оскільки сприяє швидкому засвоєнню матеріалу та розумінню роботи апаратних і програмних комплексів у сфері автоматизації. Крім того, LabVIEW активно використовується у промисловості, що робить навички роботи з ним вкрай затребуваними.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, программное обеспечение, Значок на компьютере

Контент, сгенерированный ИИ, может содержать ошибки.

Рис. 1.11. Виробнича сцена LabVIEW

Особливе місце в навчальному процесі посідає програмне забезпечення EasyVeep, яке спеціально розроблено для роботи з пристроєм FESTO EasyPort D16. EasyVeep орієнтоване на керування цифровими і аналоговими входами та виходами, дає змогу розробляти прості програми для управління базовими автоматизованими процесами. Цей інструмент ідеально підходить для початкового етапу навчання, коли студентам потрібно на практиці засвоїти принципи логічного керування, послідовності дій та обробки сигналів [16]. Завдяки інтуїтивному інтерфейсу і зрозумілим алгоритмам EasyVeep значно полегшує навчальний процес та сприяє швидкому переходу від теоретичних знань до їх практичного застосування.

Висновок з розділу:

У результаті аналізу мікропроцесорних пристроїв, навчальних стендів і програмного забезпечення для роботи з ними, було встановлено, що сучасні освітні платформи активно використовують передові технології, які сприяють ефективному навчанню студентів. Використання пристроїв на кшталт FESTO EasyPort D16 та Siemens S7-1200 забезпечує можливість практичного закріплення теоретичних знань у сфері автоматизації та робототехніки. Аналіз наявних навчальних стендів в Україні та Європі підтвердив їхню актуальність і поширеність, що свідчить про важливість застосування сучасного обладнання у професійній підготовці. Крім того, програмні середовища, такі як FluidSIM, LabVIEW та EasyVeep, забезпечують гнучкі та зручні інструменти для моделювання, програмування та тестування автоматизованих систем, що суттєво підвищує якість навчального процесу і сприяє формуванню практичних навичок у студентів. Таким чином, інтеграція сучасних мікропроцесорних пристроїв та програмного забезпечення створює міцну основу для підготовки конкурентоспроможних фахівців у галузі технічних наук.