

Міністерство освіти і науки України
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

РОДЗЬ Ярослав Тарасович

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ
АВТОМИЙКИ/AUTOMATED CAR WASH CONTROL SYSTEM

спеціальність: 174 — Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології
та робототехніка
освітньо-професійна програма - Автоматизація та програма комп'ютерно-
інтегровані технології

Магістерська робота

Виконав студент групи
АКІТм-21
Я.Т. Родзь

Науковий керівник:
к.т.н., О.М. Заставний

Магістерську роботу допущено до захисту:
"___" _____ 2024р.

Завідувач кафедри
_____ А.І. Сегін

Тернопіль 2024

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "магістр"
спеціальність: 174 — Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології
та робототехніка
освітньо-професійна програма - Автоматизація та програма комп'ютерно-
інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СКС

_____ А.І.Сегін
“ ____ ” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

РОДЗЬ Ярослав Тарасович

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Автоматизована система керування роботою автомийки/Automated car wash control system.

керівник роботи к.т.н., О.М. Заставний

затверджені наказом по університету від 12 грудня 2023 р. № 753

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи

30 листопада 2024р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

1. Функцій та структурні елементи автомийок самообслуговування

2. Механізми обміну даними між структурними компонентами

3. Види та типи ПЛК

4. Основні питання, які потрібно розробити

1. Аналіз систем та засобів керування автомийками самообслуговування

2. Проектування автоматизованої системи керування роботою автомийки

3. Розроблення системи керування автомийкою

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

1. Структурна схема системи автомийки

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	О.М. Заставний, ст.викл кафедри СКС		
2	О.М. Заставний, ст.викл кафедри СКС		
3	О.М. Заставний, ст.викл кафедри СКС		

7. Дата видачі завдання 12 грудня 2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз систем та засобів керування автомійками самообслуговування	12.2023р. – 02.2024р.	
2	Проектування автоматизованої системи керування роботою автомійки	03.2024р. – 06.2024р.	
3	Розроблення системи керування автомійкою	07.2024р. – 11.2024р.	

Студент

(підпис)

Я.Т. Родзь

Керівник роботи

(підпис)

к.т.н., О.М. Заставний

АНОТАЦІЯ

Родзь Ярослав Тарасович. Автоматизована система керування роботою автомийки.

Дослідження на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 174 — Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка, освітньо-професійна програма - Автоматизація та програма комп'ютерно-інтегровані технології. - Західноукраїнський національний університет, Тернопіль. 2024.

У магістерській роботі розроблено автоматизовану систему керування роботою автомийки, яка включає багаторівневий НМІ-інтерфейс для зручної взаємодії користувачів різних категорій (клієнтів, операторів, технічного персоналу). Створено структуру інтерфейсу, що забезпечує доступ до ключових функцій: моніторинг стану обладнання, налаштування параметрів роботи мийних постів, порохотягів, насосних груп, осмотичних установок та інших систем автомийки. Реалізовано механізми мультимодальної авторизації (NFC-карти та логін/пароль), фінансовий моніторинг із відображенням стану обмінників і куп'юроприймачів, а також функції адаптивного налаштування та самодіагностики для забезпечення стабільної роботи системи. Розроблена система вирізняється модульною архітектурою, що дозволяє легко адаптувати її до різних конфігурацій автомийок та впроваджувати нові функції.

ANNOTATION

Rodz Z. B. Automated car wash control system.

Research for obtaining a master's degree in the specialty 174- Automation computer-integrated technologies and robotics, educational and professional program- Automation and computer-integrated technologies. - Western Ukrainian National University, Ternopil. 2024.

In the qualification work, an automated car wash operation control system was developed, which includes a multi-level HMI interface for convenient interaction of users of different categories (clients, operators, technical personnel). An interface structure was created that provides access to key functions: monitoring the status of equipment, setting the parameters of washing stations, vacuum cleaners, pump groups, osmosis units and other car wash systems. Multimodal authorization mechanisms (NFC cards and login/password), financial monitoring with display of the status of exchangers and bill acceptors, as well as adaptive configuration and self-diagnostics functions to ensure stable system operation have been implemented. The developed system is distinguished by its modular architecture, which allows it to be easily adapted to various car wash configurations and to introduce new functions.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ АВТОМІЙКАМИ САМООБСЛУГОВУВАННЯ	10
1.1 Аналіз функцій автоматик самообслуговування	10
1.2 Аналіз структурних елементів автоматик самообслуговування.....	15
1.3 Вимоги до проектованої автоматизованої системи керування роботою автомійки.....	21
2. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ АВТОМІЙКИ.....	23
2.1 Розроблення структури автоматизованої системи	23
2.2 Аналіз та вибір компонентів для проектованої системи	26
3. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОМІЙКОЮ	33
3.1 Налаштування CODESYS для Raspberry Pi PLC у промисловій автоматизації	33
3.2 Проектування програмного забезпечення	41
ВИСНОВКИ	52
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	54
ДОДАТКИ	56

ВСТУП

Актуальність теми. В сучасному світі автоматизація процесів стає ключовою умовою підвищення ефективності та зручності використання послуг у різних сферах. Однією з таких сфер є автомийки самообслуговування, які набувають все більшої популярності серед автовласників завдяки своїй доступності, економічності та можливості клієнтів самостійно контролювати якість миття автомобіля.

При цьому можна зауважити що кількість автомобілів на дорогах постійно збільшується, що зумовлює потребу у швидкому, якісному та доступному обслуговуванні автомобілів. Автомийки самообслуговування пропонують економію часу та коштів у порівнянні з традиційними мийками, а сучасні технології, такі як безконтактна оплата, дистанційний контроль та інтеграція з мобільними додатками, покращують користувацький досвід і збільшують лояльність клієнтів.

Автоматизована система також дозволяє ефективно використовувати воду, електроенергію, мийні засоби, мінімізувати вплив на довкілля, а інтеграція автоматизованих систем дозволяє підвищити прибутковість завдяки оптимізації операційних процесів і зменшенню витрат на обслуговування.

Таким чином, створення автоматизованої системи керування автомийкою самообслуговування відповідає сучасним вимогам до інноваційності, енергоефективності та зручності, що робить цю тему дослідження актуальною та перспективною як з наукової, так і з практичної точки зору.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є розробка автоматизованої системи керування для автомийки самообслуговування, яка забезпечить ефективне управління технологічними процесами, оптимізацію використання ресурсів, підвищення якості обслуговування клієнтів та зменшення експлуатаційних витрат.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- Дослідити сучасні технології та підходи до автоматизації процесів на автомийках самообслуговування.
- Вивчити та сформулювати вимоги до систем керування автомийками, включаючи технічні, економічні та екологічні аспекти.
- Розробити загальну архітектуру системи, включаючи апаратне та програмне забезпечення.
- Створити програмну частину системи для контролю обладнання, управління послугами та обробки даних.
- Реалізувати механізми контролю витрат води, електроенергії та мийних засобів.
- Передбачити заходи для зниження впливу на довкілля (наприклад, повторне

Здійснення цих завдань дозволить створити інноваційну систему, що відповідатиме сучасним вимогам автоматизації бізнесу та сприятиме розвитку екологічно відповідного та економічно ефективного обслуговування клієнтів.

Об'єкт дослідження: є технологічні процеси автоматизованого управління обладнанням та ресурсами на автомийках самообслуговування, включаючи взаємодію користувача з системою та організацію контролю над наданням послуг.

Предметом дослідження є методи, засоби та алгоритми автоматизованого керування технологічними процесами автомийки самообслуговування, зокрема програмно-апаратні рішення для контролю обладнання, оптимізації витрат ресурсів та покращення взаємодії з користувачами.

Наукова новизна одержаних результатів: У роботі розроблено інтегровану багаторівневу НМІ-систему для автоматизованого керування автомийкою, яка поєднує адаптивне налаштування параметрів обладнання, механізми самодіагностики та мультимодальні засоби авторизації.

Практичне значення отриманих результатів: Розроблена система забезпечує інтуїтивне управління всіма компонентами автоматизації, включаючи моніторинг стану обладнання, фінансовий контроль та налаштування параметрів роботи. Її модульна архітектура дозволяє адаптувати систему до різних типів автоматизацій, швидко впроваджувати нові функції та знижувати витрати на експлуатацію завдяки використанню енергоефективних технологій.

Апробація. За результатами роботи підготовлено та опубліковано дві тези доповідей наукових конференцій, які наведені в додатках.

1. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ АВТОМИЙКАМИ САМООБСЛУГОВУВАННЯ

1.1 Аналіз функцій автомийок самообслуговування

Автомийки самообслуговування стали популярним рішенням для догляду за транспортними засобами завдяки низці переваг, які роблять їх вигідними як для водіїв, так і для підприємців. Основна ідея такого формату полягає в наданні користувачам можливості самостійно обирати послуги та виконувати процес миття автомобіля за допомогою зручного обладнання.

Однією з головних переваг автомийок самообслуговування є доступна вартість послуг. Користувачі можуть самостійно контролювати час і обсяг використання води, мийних засобів і додаткових послуг, таких як воскове покриття чи сушка. Це дозволяє значно зекономити кошти порівняно з традиційними автомийками, де фіксована ціна часто включає повний комплекс послуг, навіть якщо вони не потрібні.

Ще однією важливою перевагою є оперативність і зручність. Автомийки самообслуговування зазвичай працюють цілодобово, що дозволяє користувачам мити автомобіль у будь-який зручний час. Крім того, вони мають простий і зрозумілий інтерфейс керування, що робить процес доступним для будь-якого водія, незалежно від досвіду.

Екологічна ефективність таких автомийок також є значущим плюсом. Сучасне обладнання забезпечує економне використання води та мийних засобів, а системи фільтрації та повторного використання води знижують негативний вплив на довкілля. Таким чином, автомийки самообслуговування є екологічно відповідальним вибором для тих, хто дбає про збереження природних ресурсів.

Крім того, автомийки самообслуговування пропонують гнучкість у виборі послуг. Користувачі можуть зосередитися лише на тих аспектах, які їм потрібні, наприклад, очищення кузова, миття коліс чи нанесення

спеціальних захисних покриттів. Це дає можливість адаптувати процес під конкретні потреби і не переплачувати за зайві послуги.

Для підприємців автомийки самообслуговування є привабливим бізнес-рішенням через низькі витрати на обслуговування та відсутність необхідності постійного персоналу. Автоматизовані системи контролюють процеси оплати та надання послуг, що дозволяє зменшити операційні витрати та збільшити рентабельність.

Ще одним аспектом є мінімізація часу очікування. У форматі самообслуговування одночасно можуть обслуговуватися декілька клієнтів, що значно зменшує черги, особливо в години пікового навантаження.

Отже, автомийки самообслуговування поєднують у собі економічність, зручність, екологічність та адаптивність. Вони стають ідеальним вибором для сучасних водіїв, які прагнуть швидко, ефективно та за доступною ціною доглядати за своїм автомобілем, а також вигідною інвестицією для підприємців.

Загальний вид автомийки самообслуговування наведено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 - Загальний вид автомийки самообслуговування.

При цьому з точки зору користувача можна виділити такі складові: мийний пост; пульт керування; модуль оплати послуг; порохотяг та інші модулі.

На рисунку 1.2 наведено приклад типових мийних постів на автомийці самообслуговування.



Рисунок 1.2 – Типові мийні пости на автомийці самообслуговування.

Мийний пост являє собою зазвичай відкритий бокс з накриттям та відповідними засобами для миття автомобілів. Що являє собою зазвичай два пантографи з відповідними пістолетами для піни та високого тиску води та різних засобів, традиційно це: холодна вода; тепла вода; очисник; осмотична вода; віск. А також відповідними засобами для водовідведення. Також слід зазначити що в зимовий період підлога поста обігрівається для запобігання намерзанню.

Пульт керування дозволяє клієнтам обирати потрібні послуги, наприклад, миття високим тиском, нанесення піни, воскове покриття чи осушення. Інтерфейс модуля зазвичай включає кнопкову панель, сенсорний екран або мобільний додаток, через які клієнт може керувати процесом миття та відстежувати залишок часу на обрану послугу. На

рисунку 1.3 наведено зовнішній вигляд пульта керування послугам на автомийці самообслуговування.



Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд пульта керування

Після оплати клієнт отримує доступ до обраних послуг на певний період часу. Модуль автоматично відлічує час або кількість використаних ресурсів (води, піни тощо) та зупиняє подачу, коли ліміт вичерпано.

Модуль оплати послуг є одним із ключових елементів інфраструктури автомийки самообслуговування. Його головне призначення — забезпечити зручний, швидкий і автономний процес розрахунку за послуги, які користувач обирає під час миття автомобіля. Завдяки цьому модуль оплати виконує функцію інтерактивного інтерфейсу між клієнтом та системою управління автомийкою. Зовнішній вигляд модуля оплати послуг наведено на рисунку 1.4.

Основні функції модуля оплати полягають в прийомі різних форм оплати - модуль зазвичай підтримує кілька способів розрахунку, таких як прийом готівки (банкнот і монет), безготівкові платежі за допомогою банківських карток, мобільних додатків або NFC-технологій (Apple Pay, Google Pay). Це забезпечує гнучкість і зручність для різних категорій

користувачів.



Рисунок 1.4 – Зовнішній вид модуля оплати послуг

Видача решти або поповнення балансу - якщо клієнт оплачує послуги готівкою і сума перевищує вартість обраної послуги, модуль може видати решту або запропонувати зарахувати залишок на баланс для подальшого використання. У безготівкових платежах система просто списує необхідну суму.

Інтеграція з системами обліку та моніторингу - модуль оплати підключається до центральної системи управління автомийкою, яка відслідковує всі транзакції, облік коштів і використаних ресурсів. Це забезпечує прозорість фінансових операцій і дозволяє власнику автомийки контролювати ефективність роботи в режимі реального часу.

Підтримка програм лояльності та бонусів - у багатьох автомийках модулі оплати інтегруються з програмами лояльності, що дозволяє клієнтам накопичувати бонуси, отримувати знижки чи використовувати передплачені картки.

Інформування та зворотний зв'язок - модуль оплати може включати інформаційні повідомлення або інструкції, які допомагають користувачам

зрозуміти, як працювати з обладнанням. У разі виникнення проблем клієнт може зв'язатися з технічною підтримкою через інтегровані канали зв'язку.

Переваги використання модуля оплати:

- Автономність: Модуль знімає необхідність у присутності оператора на автомийці.
- Швидкість: Автоматизація процесів забезпечує оперативність у розрахунках і виборі послуг.
- Зручність: Різноманіття методів оплати та інтуїтивний інтерфейс спрощують користування.

Модуль оплати на автомийці є важливим елементом, який забезпечує комфорт для клієнтів і ефективну роботу для власників, роблячи автомийку самообслуговування сучасним і вигідним рішенням.

1.2 Аналіз структурних елементів автомийок самообслуговування

Автомийки самообслуговування — це сучасний формат автомийок, який поєднує в собі функціональність, зручність для користувачів та економічну ефективність. Їх структура передбачає спеціально організовані зони та обладнання, які забезпечують повний цикл миття транспортного засобу.

Основним елементом структури автомийки самообслуговування є зони для миття автомобілів, які оснащені спеціальними мийними постами. Кожен пост зазвичай включає обладнання для високотискового миття, пістолети для подачі води та мийних засобів, щітки, а також окремі пістолети для нанесення воску чи піни. У деяких випадках на кожному посту встановлюють додаткові пристрої для осушення або подачі осмотичної води, що запобігає утворенню плям.

Другою важливою складовою є технічне приміщення, де розміщується основне обладнання для управління автомийкою. Тут знаходяться насоси високого тиску, фільтри, системи водопідготовки,

бойлери для підігріву води, а також системи автоматизації та моніторингу роботи автомийки. Це приміщення забезпечує безперебійне функціонування всієї системи. На рисунку 1.5 наведено приклад модуля постів автомийки з помпами високого тиску.

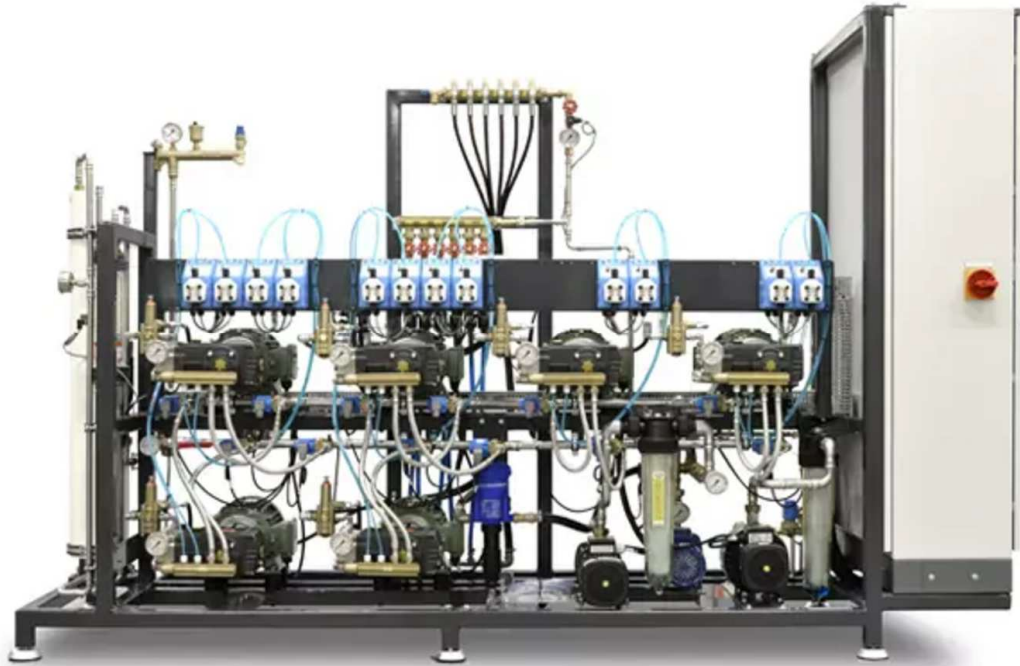


Рисунок 1.5 – Система високого тиску для постів автомийки

Система водопідготовки є ключовою частиною структури автомийки. Вона включає фільтри для очищення води від домішок, системи пом'якшення води та резервуари для зберігання очищеної води. У багатьох сучасних автомийках впроваджуються системи рециркуляції, які дозволяють повторно використовувати воду, що значно знижує експлуатаційні витрати та негативний вплив на навколишнє середовище.



Рисунок 1.6 – Система водопідготовки

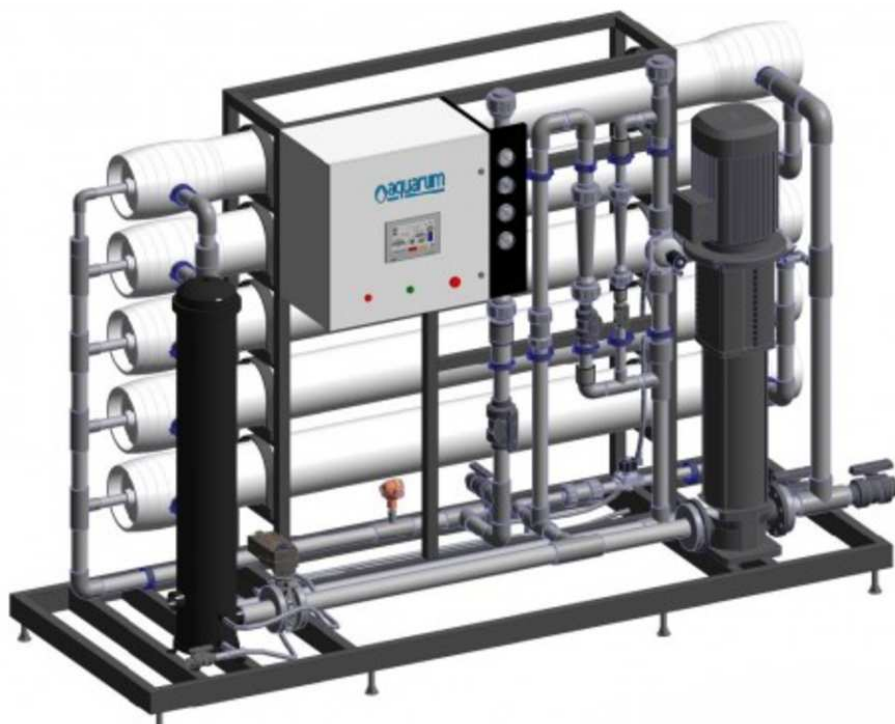


Рисунок 1.7 – Осмотична установка

Автомийки самообслуговування також обладнані зоною для додаткових послуг, наприклад, для пирососу, очищення килимків або полірування. Ця зона часто розташовується поруч із постами для миття і дає змогу клієнтам завершити комплексний догляд за автомобілем.



Рисунок 1.8 – Зовнішній вигляд порохоцяга компанії Christ

Особлива увага приділяється платіжній системі, яка забезпечує автономність роботи автомийки. Зазвичай встановлюють платіжні термінали, що приймають готівку, банківські картки або електронні платежі. Деякі автомийки інтегрують мобільні додатки для управління процесом миття та оплати, що додає зручності для клієнтів.

Ще одним важливим елементом структури є допоміжна інфраструктура, така як навіси, що захищають клієнтів і обладнання від погодних умов, освітлення, яке забезпечує комфортне використання автомийки у темну пору доби, та системи відеоспостереження для безпеки (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Система відеоспостереження

Використання системи відеоспостереження на автомийці самообслуговування має низку значних переваг. По-перше, це забезпечує контроль за діяльністю клієнтів, дозволяючи швидко виявляти неправомірні дії, такі як псування обладнання чи використання автомийки не за призначенням. Завдяки записам можна вирішувати спірні ситуації між клієнтами та адміністрацією, що сприяє збереженню репутації закладу та підвищенню довіри клієнтів.

По-друге, система відеоспостереження сприяє зниженню операційних витрат, оскільки дозволяє дистанційно контролювати роботу автомийки без необхідності постійної присутності персоналу. Це особливо важливо для автомийок, що працюють цілодобово. Крім того, відеозаписи можуть бути використані для аналізу завантаженості об'єкта та оптимізації процесів, що допомагає підвищити ефективність роботи автомийки.

На рисунку 1.10 наведено зовнішній вигляд системи керування автомийкою самообслуговування компанії DIBO.

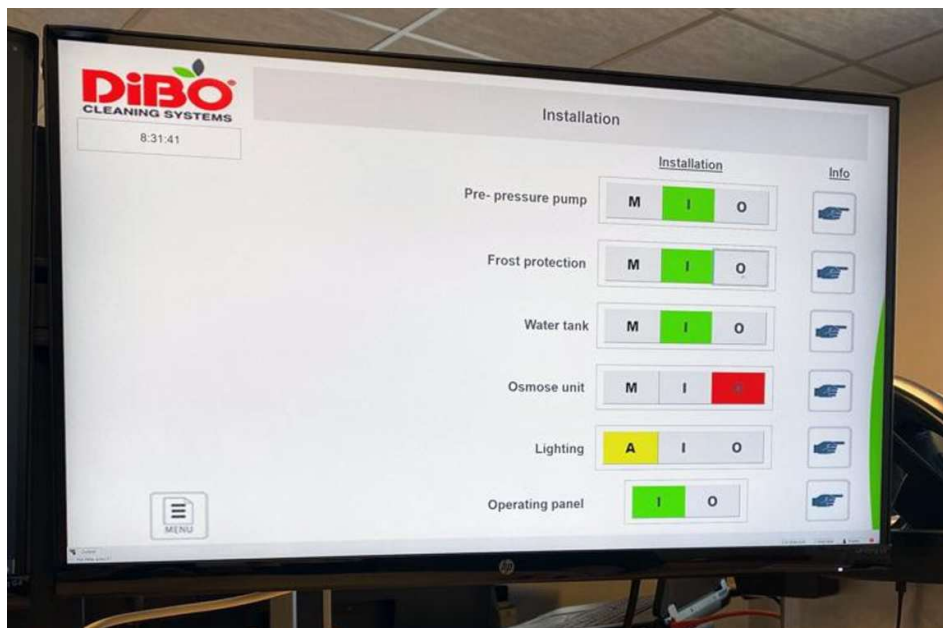


Рисунок 1.10 – Система керування автоматийкою самообслуговування компанії DIBO

Використання автоматизованої системи керування (АСК) [1,3] на автоматийці самообслуговування забезпечує ефективність та зручність як для клієнтів, так і для власників бізнесу. Завдяки АСК всі процеси, включаючи активацію обладнання стають автоматизованими, що мінімізує потребу в персоналі. Це дозволяє власникам знизити операційні витрати, а клієнтам — швидко і зручно користуватися послугами без затримок.

Автоматизована система також дає можливість централізованого моніторингу та управління роботою автоматийки в режимі реального часу. Власник може отримувати звіти про завантаженість, витрати ресурсів та фінансові показники, що допомагає оптимізувати бізнес-процеси. Крім того, АСК підвищує рівень безпеки: система може інтегруватися з відеоспостереженням і сигналізацією, автоматично реагуючи на нестандартні ситуації, наприклад, спроби вандалізму чи несправності обладнання.

Загальна структура автоматийки самообслуговування розроблена таким чином, щоб забезпечити максимальну функціональність, зручність для користувачів і економічну ефективність роботи. Кожен елемент

виконує свою роль у забезпеченні якісного обслуговування клієнтів і надійності системи в цілому.

1.3 Вимоги до проектованої автоматизованої системи керування роботою автомийки

Автоматизована система керування (АСК) повинна забезпечувати повну автоматизацію ключових процесів роботи автомийки самообслуговування. Система має підтримувати можливість активації обладнання, контролю часу використання послуг та проведення оплати. Важливим є забезпечення інтерактивного інтерфейсу для користувачів, що дозволяє швидко та зручно здійснювати всі необхідні операції. Крім того, система повинна вести облік витрачених ресурсів (вода, мийні засоби, електроенергія) та створювати відповідні звіти для адміністраторів.

АСК повинна бути сумісною з сучасним обладнанням автомийок, з можливістю інтеграції з додатковими пристроями, такими як системи відеоспостереження, сигналізації, датчики витрат води та електроенергії. Система повинна працювати в умовах безперервної експлуатації 24/7, забезпечуючи високу надійність та стійкість до збоїв. Обов'язковою є підтримка збереження даних у випадку тимчасового відключення електропостачання чи інтернет-зв'язку.

Система повинна забезпечувати централізоване збирання та зберігання даних про всі операції на автомийці. Це включає реєстрацію транзакцій, статистику використання обладнання, виявлення помилок у роботі системи та інші показники. Дані повинні бути захищені від несанкціонованого доступу, з дотриманням принципів конфіденційності та цілісності інформації.

АСК повинна бути простою у налаштуванні та обслуговуванні. Для персоналу має бути передбачений окремий інтерфейс для управління системою, налаштування тарифів, перегляду звітів та діагностики

обладнання. Для кінцевих користувачів — інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який забезпечує швидке виконання необхідних операцій навіть без попереднього досвіду. Крім того, система повинна мати можливість оновлення програмного забезпечення без втрати попередніх даних.

Реалізація цих вимог дозволить створити ефективну, безпечну та зручну автоматизовану систему керування, яка відповідатиме сучасним стандартам і потребам користувачів автономних самообслуговування.

2. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ АВТОМІЙКИ

2.1 Розроблення структури автоматизованої системи

Структурна схема автоматизованої системи керування (АСК) роботою автомийки є основою для реалізації всіх функціональних модулів та взаємозв'язків між ними. Розроблення схеми передбачає визначення ключових компонентів системи, їхнього функціонального призначення та взаємодії для забезпечення стабільної і надійної роботи автомийки. Основні елементи схеми включають: центральний контролер, модулі вводу/виводу, платіжні пристрої, блоки управління обладнанням автомийки а також інтерфейс користувача.

Центральний контролер є ядром системи і відповідає за обробку сигналів, координацію роботи обладнання, збереження даних і забезпечення зв'язку з периферійними пристроями. Модулі вводу/виводу дозволяють інтегрувати в систему різноманітні сенсори (датчики води, піни, електроенергії) та виконавчі механізми (насоси, клапани, дозатори мийних засобів). Окремий блок платіжних пристроїв забезпечує прийом оплат через термінали для банківських карток, готівкові автомати чи мобільні платіжні системи.

Для зручності клієнтів структурна схема включає інтуїтивний інтерфейс користувача, представлений сенсорними екранами чи кнопковими панелями, через які можна обирати послуги, переглядати стан транзакцій та отримувати підказки. Система моніторингу передбачає обробку та відображення даних про використання обладнання, завантаженість автомийки, а також повідомлення про збої чи критичні ситуації. Інтеграція із системою відеоспостереження додає можливість аналізу інцидентів у разі виникнення конфліктів чи несправностей.

Розроблення структурної схеми забезпечує всебічний підхід до

організації АСК, визначаючи основні компоненти системи та їх взаємодію. Це дозволяє врахувати всі ключові аспекти проектування: функціональність, надійність, масштабованість та відповідність потребам як користувачів, так і адміністрації автомийки. Структурна схема стає фундаментом для подальшого проектування апаратного та програмного забезпечення системи (рисунк 2.1).

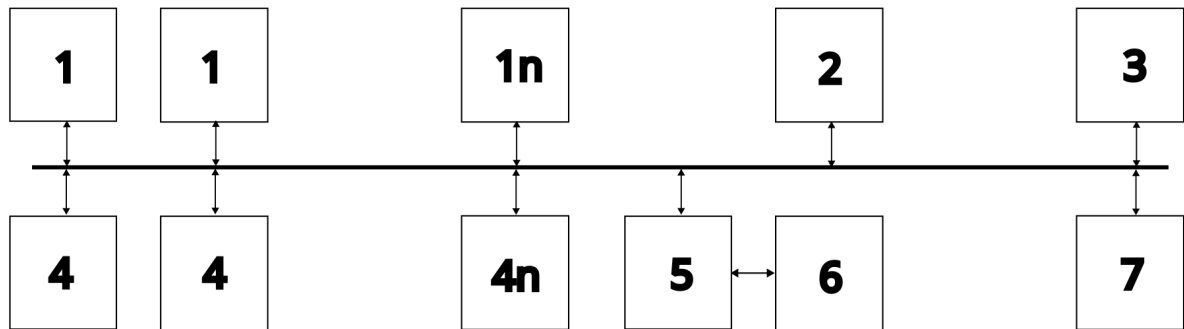


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи автомийки

На даному рисунку позначені наступні компоненти:

- 1 – контролер мийного поста;
- 2 – система подачі води;
- 3 – осмотична установка;
- 4 – модуль порохотяга;
- 5 – HMI-PLC;
- 6 – internet;
- 7 – модуль оплати послуг.

Контролер мийного поста (1) - цей модуль відповідає за управління усіма процесами мийного поста, зокрема вибором програм очищення, дозуванням хімічних засобів, подачею води та контролем параметрів (температури, тиску). Контролер забезпечує автоматизацію роботи поста, гарантує стабільність процесу та дозволяє реалізувати різноманітні сценарії мийки залежно від потреб користувача.

Система подачі води (2) - система подачі води відповідає за

забезпечення постійного та стабільного водопостачання до мийного поста. Вона включає насосне обладнання, регулятори тиску, клапани та датчики. Її завданням є підтримання необхідного рівня тиску та забезпечення подачі води заданої температури та якості для ефективного виконання мийки.

Осмотична установка (3) - осмотична установка забезпечує очищення води методом зворотного осмосу, видаляючи домішки, солі та мінерали, що можуть залишати плями на поверхні автомобіля після миття. Використання осмотичної води дозволяє досягати ідеальної чистоти без додаткового полірування, що значно підвищує якість послуги.

Модуль порохотяга (4) - цей модуль забезпечує очищення салону автомобіля за допомогою порохотягів, доступних для клієнтів. Він включає пиłosоси високої потужності, системи збору сміття та фільтрації повітря. Модуль гарантує зручний сервіс для видалення бруду, пилу та інших забруднень із внутрішніх поверхонь транспортного засобу.

Модуль HMI-PLC (5) (інтерфейс "людина-машина" + програмований логічний контролер) дозволяє оператору та клієнтам взаємодіяти з системою. Це зручний дисплей або сенсорний екран [2], що дозволяє вибирати програми, налаштовувати параметри, а також моніторити стан системи. HMI також інтегрується з PLC, який виконує всі команди та управляє обладнанням.

Модуль інтернет-зв'язку (6) забезпечує інтеграцію всієї системи з онлайн-середовищем для віддаленого моніторингу, управління та оновлення. Завдяки підключенню до Інтернету адміністратори можуть отримувати дані в реальному часі, проводити діагностику, а також аналізувати роботу системи для оптимізації процесів.

Модуль оплати послуг (7) відповідає за прийом платежів за використання мийного поста та інших послуг. Він підтримує різні способи оплати, включаючи готівку, банківські картки, безконтактні платежі або мобільні додатки. Цей модуль автоматизує процес взаєморозрахунків, підвищуючи зручність для клієнтів і зменшуючи навантаження на

персонал.

2.2 Аналіз та вибір компонентів для проектованої системи

Для створення системи керування автоматикою ключовим елементом є використання програмованих логічних контролерів (ПЛК), які забезпечують надійність, гнучкість та легкість інтеграції з іншими компонентами системи. Більшість модулів, що використовуються в автоматиках, побудовані на базі ПЛК різного рівня складності. Простіші моделі ПЛК зазвичай оснащені лише інтерфейсом RS485 з підтримкою протоколу Modbus, що дозволяє ефективно обмінюватися даними на локальному рівні. Цей інтерфейс є ідеальним для комунікації з виконавчими пристроями, такими як насоси, клапани чи дозатори, оскільки він забезпечує простоту підключення та низьку вартість впровадження.

У більш складних системах використовуються просунуті моделі ПЛК, які, крім інтерфейсу RS485, оснащені LAN-портом для роботи в локальних мережах або підключення до інтернету. Це дозволяє організувати дистанційне керування та моніторинг роботи автоматики, а також інтеграцію з хмарними сервісами для збору та аналізу даних. Завдяки цьому адміністратори можуть отримувати інформацію про стан обладнання, витрати ресурсів та фінансові показники в режимі реального часу, що суттєво підвищує ефективність управління.

Для побудови надійної системи керування автоматикою слід обирати контролер, який підтримує обидва інтерфейси — RS485 та LAN[3]. Такий підхід забезпечує універсальність та масштабованість системи. Інтерфейс RS485 використовується для прямого підключення модулів автоматики, зчитування параметрів та статистичних даних, а також налаштування локальних пристроїв. LAN-інтерфейс дозволяє організувати обмін даними між контролером та центральним сервером, забезпечуючи зв'язок із

зовнішніми системами, такими як платіжні сервіси чи системи моніторингу.

Перевага використання контролерів із підтримкою RS485 полягає у їхній сумісності з широким спектром периферійних пристроїв. Наприклад, через цей інтерфейс можна підключити сенсори для моніторингу витрати води та електроенергії, а також виконавчі механізми, які забезпечують роботу автоматички. Протокол Modbus, який використовується в RS485, забезпечує стандартизацію обміну даними, що значно спрощує налаштування та інтеграцію системи.

З іншого боку, LAN-інтерфейс надає можливість організувати більш сучасні рішення, такі як використання веб-інтерфейсів для віддаленого управління чи підключення до хмарних сервісів для зберігання великих обсягів даних. Це особливо важливо для автоматичок, які функціонують у режимі самообслуговування 24/7, оскільки адміністратори отримують можливість оперативно реагувати на несправності або зміни в завантаженості об'єкта.

Важливим аспектом використання контролерів із підтримкою LAN є їхня здатність до інтеграції з платіжними системами. Це дозволяє клієнтам оплачувати послуги через банківські картки або мобільні додатки, що відповідає сучасним стандартам сервісу. Крім того, LAN-інтерфейс може використовуватися для передачі даних до системи відеоспостереження або сигналізації, що підвищує рівень безпеки об'єкта.

Окрім функціональних переваг, слід також враховувати технічні характеристики контролерів. Вибраний ПЛК повинен мати достатню кількість входів і виходів для підключення всіх необхідних пристроїв, а також відповідати вимогам щодо захисту від пилу, вологи та перепадів температур. Це особливо важливо для автоматичок, де обладнання працює в умовах підвищеної вологості та агресивного середовища.

Таким чином, використання ПЛК з підтримкою RS485 та LAN є оптимальним вибором для створення автоматизованої системи керування

автомийкою. Це дозволяє поєднати локальне управління виконавчими пристроями з можливістю віддаленого моніторингу та управління, що забезпечує гнучкість, надійність і відповідність сучасним вимогам.

Сенсорні панелі з вбудованим ПЛК[2] виготовляють багато виробників, оскільки на графічному дисплеї можна оперативно відображати різноманітну інформацію про стан технологічного процесу, а наявність сенсорного монітора дозволяє на ньому розміщувати потрібні органи керування. Таке рішення значно спрощує розроблення панелі оператора та дозволяє додавати новий функціонал та органи керування шляхом оновлення програмного забезпечення.

Оскільки даний функціонал є затребуваним на ринку, то такий тип HMI-PLC виготовляє багато виробників. На рисунку 2.2 наведено HMI панель з PLC компанії EATON серії XV-303. А на рисунку 2.3 наведено тильна частина даного пристрою, на якій можна побачити розміщення відповідних комунікаційних інтерфейсів.



Рисунок 2.2 – HMI панель з PLC компанії EATON серії XV-303



Рисунок 2.3 - XV-303-10-B00-A00-1C тильна частина з комунікаційними інтерфейсами

Даний HMI-PLC має наступні характеристики:

- живлення - 24 VDC;
- 10 Inches PCT-Display, 1024x600 pixels;
- 1xEthernet;
- 1xRS232;
- 1xRS485;
- 1xCAN;
- 1xSD card slot;
- ARM Cortex-A9 800 MHz;
- Flash: 1 GByte SLC;
- DRAM: 512 MByte RAM.

З недоліків даного пристрою можна віднести його доволі високу вартість, яка на листопад 2024 року складає близько 2000Є.

Слід зазначити що такі пристрою зазвичай є дороговартісними і їх вартість зазвичай пропорційна діагоналі дисплею, так наприклад аналогічний пристрій компанії SIEMENS 6AV2124-0UC02-0AX1 з діагоналлю 18.5 дюйма (рисунок 2.4) на листопад 2024 року вартує

4033,39€.



Рисунок 2.4 - SIEMENS 6AV2124-0UC02-0AX1

Враховуючи таку доволі високу вартість та те що в розроблювана система не планується експлуатуватися в екстеремальних умовах, то можна розглянути інші альтернативні варіанти. Зокрема наприклад сенсорний дисплей з діагоналлю 15,6 дюйма компанії Waveshare та роздільною здатністю Full HD (рисунок 2.5) вартує на листопад 2024 лише 210€.



Рисунок 2.5 – Сенсорний дисплей Waveshre 15,6”

Використання Raspberry Pi як програмованого логічного контролера (ПЛК) у поєднанні з програмним забезпеченням CODESYS відкриває унікальні можливості для автоматизації завдяки поєднанню економічності апаратної платформи та функціональності професійного середовища розробки.

CODESYS є одним із найпоширеніших інструментів для розробки ПЛК-застосунків, що підтримує стандарт IEC 61131-3. Завдяки цьому Raspberry Pi може виконувати типові функції промислових ПЛК, працюючи з мовами програмування, такими як Ladder Diagram (LD), Structured Text (ST) та Function Block Diagram (FBD). Це дозволяє легко інтегрувати Raspberry Pi у сучасні промислові системи та підвищує зручність розробки програм.

Поєднання недорогого Raspberry Pi з CODESYS забезпечує потужне рішення для автоматизації без значних фінансових витрат. Raspberry Pi з ліцензією CODESYS стає конкурентоспроможним варіантом для багатьох завдань, зокрема в автоматизації невеликих підприємств, навчальних проєктах чи прототипуванні. У той же час його продуктивність дозволяє виконувати більш складні задачі, наприклад, обробку даних у реальному часі або інтеграцію з хмарними сервісами.

CODESYS надає підтримку багатьох промислових протоколів, таких як Modbus TCP/RTU, OPC UA, CANopen, EtherCAT та інших. Raspberry Pi у цьому випадку стає повноцінним вузлом у промислових мережах, дозволяючи обмінюватися даними з іншими пристроями. Це спрощує інтеграцію у вже існуючі системи чи створення нових автоматизованих комплексів.

Raspberry Pi має розширені апаратні можливості, такі як GPIO, I2C, SPI та UART, які можуть бути інтегровані у CODESYS для роботи з датчиками та виконавчими механізмами. Крім того, за допомогою додаткових модулів і плат розширення Raspberry Pi може взаємодіяти з

різноманітним промисловим обладнанням, що забезпечує високу гнучкість у створенні рішень для автоматизації.

CODESYS має добре документовану екосистему, а налаштування Raspberry Pi для роботи з цією платформою є простим і добре описаним процесом. Завдяки великій спільноті розробників Raspberry Pi та користувачів CODESYS, можна знайти безліч прикладів, інструкцій і рішень, що дозволяють швидко впроваджувати автоматизацію навіть без значного досвіду.

Поєднання Raspberry Pi з можливостями CODESYS дає змогу реалізувати віддалений моніторинг та управління процесами через веб-інтерфейси, мобільні додатки чи хмарні сервіси. Це особливо актуально для застосувань у розподілених системах, наприклад, у системах "розумного дому", фермах чи виробничих комплексах.

Таким чином, використання Raspberry Pi з CODESYS дозволяє створювати економічні, потужні й масштабовані системи автоматизації, що поєднують переваги відкритої апаратної платформи з професійним програмним середовищем. Це рішення підходить як для навчальних і прототипних задач, так і для реальних промислових проєктів.

3. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОМІЙКОЮ

3.1 Налаштування CODESYS для Raspberry Pi PLC у промисловій автоматизації

CODESYS — комплексне програмне забезпечення для автоматизації, яке використовується для розробки та програмування систем керування відповідно до стандартів IEC 61131-3. Він підтримує кілька мов програмування та пропонує надійні інструменти для візуалізації, керування рухом і налаштування польової шини.

Початкове налаштування середовища CODESYS. Тут описується налаштування роботи з використанням CODESYS V3.5 SP19 Patch 3 + (64-bit) із пакетом програмування Raspberry PLC, який є важливим для взаємодії з обладнанням.

Також для використання Raspberry Pi як ПЛК, також знадобиться контролер Raspberry для CODESYS. Для цього слід завантажити наступний пакет: CODESYS Control for Raspberry PI 4.11.0.0

CODESYS Control для Raspberry Pi - це розширення (пакет) CODESYS, яке дозволяє програмному забезпеченню спілкуватися, контролювати та взаємодіяти з Raspberry Pi. Розширення дозволяє Raspberry Pi взаємодіяти з програмним забезпеченням CODESYS і запускати з нього скомпільований код.

Розширення пов'язане з ліцензією, якщо користувач бажає мати час роботи більше 2 годин. Якщо активної ліцензії немає, програмне забезпечення працює без обмежень, але припиняє свою роботу через зазначений час. Рекомендується використовувати версію 4.11+ через те, що попередні версії містять фатальні помилки. У цих версіях програма драйвера Raspberry зупинялася через кілька секунд роботи.

Також варто зазначити, що ця версія драйвера запрограмована для роботи з CODESYS V3.5 SP19. Старші версії CODESYS повертають помилки компіляції коду. Наслідки майбутніх версій наразі невідомі.

Щоб розпочати програмування ПЛК на Raspberry Pi за допомогою CODESYS, слід завантажити потрібний дистрибутив. У цьому випадку 3.5.19 Patch 3 і виконати кроки встановлення.

Далі слід встановити елемент керування CODESYS для Raspberry Pi у відповідній версії, слід запустити файл .package і виконайте процес встановлення.

Потрібно завантажити CODESYS Control для Raspberry PI у відповідній версії. Запустити файл .package і виконати процес встановлення.

Оскільки ПЛК Raspberry Pi є продуктом, який сильно налаштовується, його неможливо запрограмувати так, ніби це звичайний Raspberry Pi. Щоб проект міг ефективно використовуватися в промисловій автоматизації, потрібні деякі характеристики. Наступний репозиторій містить проекти шаблонів для коду PLC raspberry:

Усі вони написані структурованим текстом.

Інтерфейс CodeSys для ПЛК Raspberry Pi

У шаблоні проекту ми можемо побачити вікна редагування тексту, пристрої та ROU та повідомлення.

Пристрої містять програмний код, заявлений пристрій Raspberry, конфігурацію завдання, зовнішні інтерфейси зв'язку, пов'язані пристрої тощо.

ROU. Організаційний підрозділ програми. Містить вихідний код, який можна викликати основним кодом.

Повідомлення - це журнал налагодження та виконання. Він покаже нам синтаксичні помилки та непослідовні твердження. Оскільки компіляція помилкового коду неможлива, він показує нам, де є помилки.

У «Інструменти → Оновити Raspberry PI» ми знаходимо вікно контролера Raspberry PI , яке згруповане з пристроями та POU.

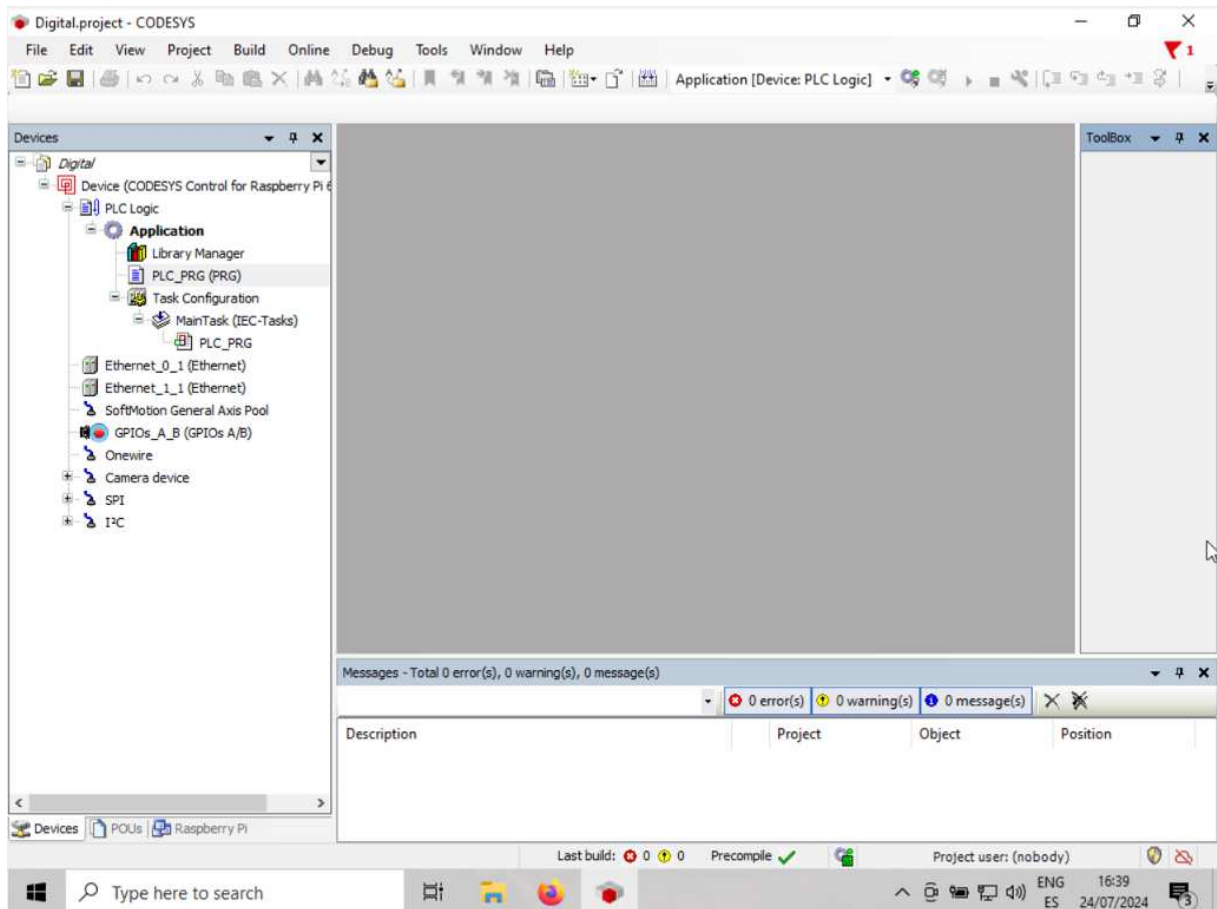


Рисунок 3.1 - Вікно контролера Raspberry PI в CodeSYS

Слід підключити ПЛК Raspberry Pi до нашого комп'ютера. IP-адреси на ПЛК:

10.10.10.20 (Бічний порт Ethernet, рекомендовано)

10.10.11.20 (передній порт Ethernet)

Нам потрібно налаштувати мережу Ethernet на 10.10.10.0/24, щоб мати можливість спілкуватися з ПЛК.

Для перевірки підключення рекомендуються такі інструменти:

PING (наприклад: ping 10.10.10.10)

NMAP (наприклад: nmap 10.10.10.10/24)

Установка драйвера на Raspberry

У CODESYS Tools слід відкрити вкладку «Оновити Raspberry Pi». Потім ввести IP-адресу raspberry, вибрати IP-адресу цільового ПЛК, вибрати версію Runtime Package і натиснути «Встановити». Та дотримуватися процесу встановлення.

На цій самій вкладці ми можна знайти відповідну інформацію про час виконання та Raspberry.

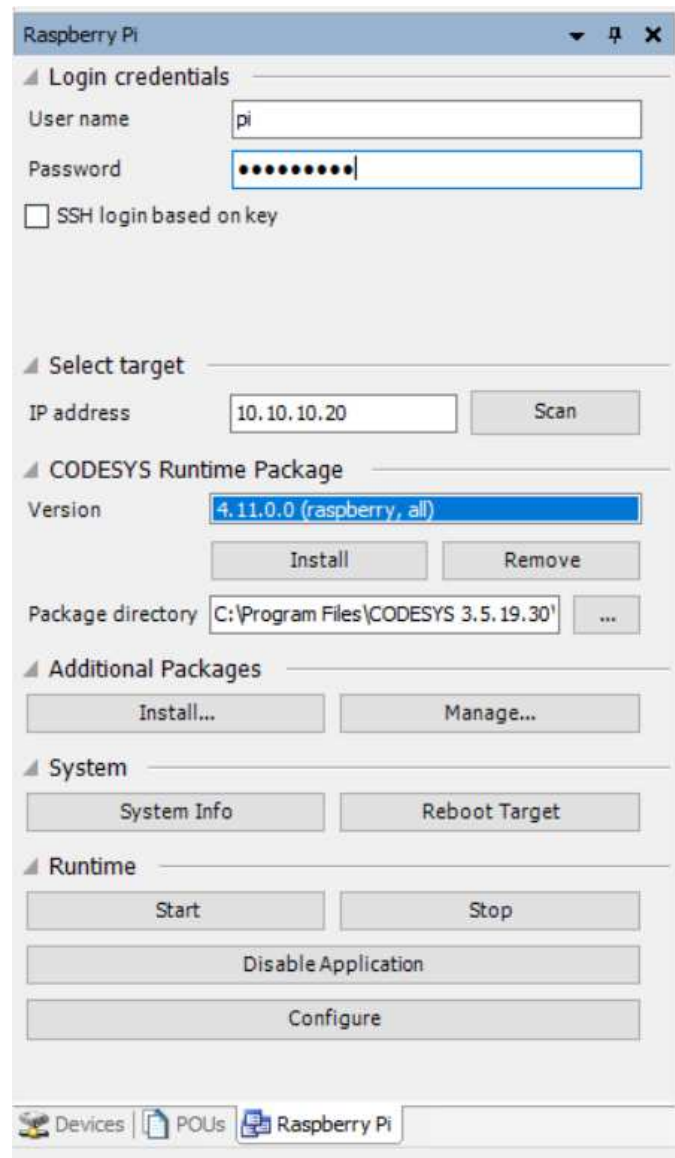


Рисунок 3.2 – Налаштування під'єднання до Raspberry Pi

Вхід у Raspberry Pi - це те, що дозволить нам додати наш код до ПЛК. Для цього потрібна серія кроків. Спочатку нам потрібно відкрити вікно «Пристрій» і просканувати мережу. Вибираємо пристрій Raspberry.

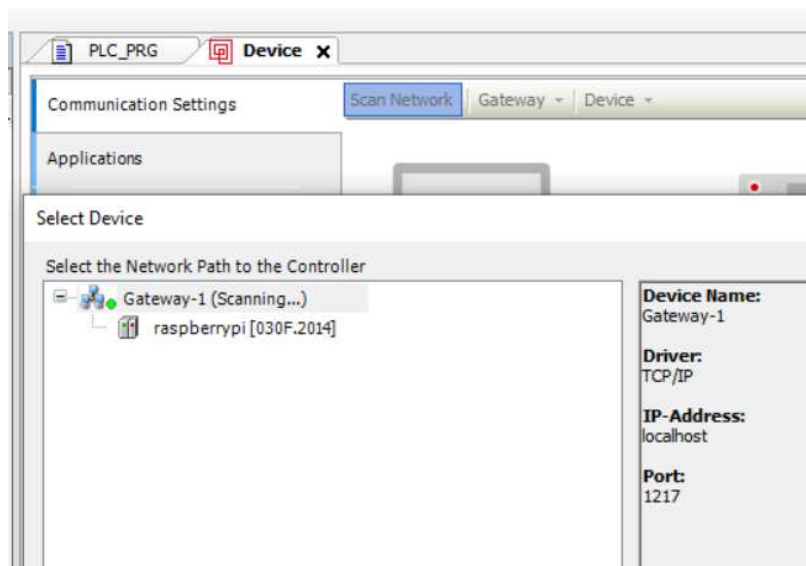


Рисунок 3.3 – Пошук Raspberry Pi з CodeSYS

Тепер ми можемо увійти в ПЛК за допомогою кнопки «Вхід». Крім того, нам доведеться додати ім'я користувача, щоб мати можливість підключитися до Raspberry. Ім'я користувача та пароль мають збігатися з користувачами Raspberry.

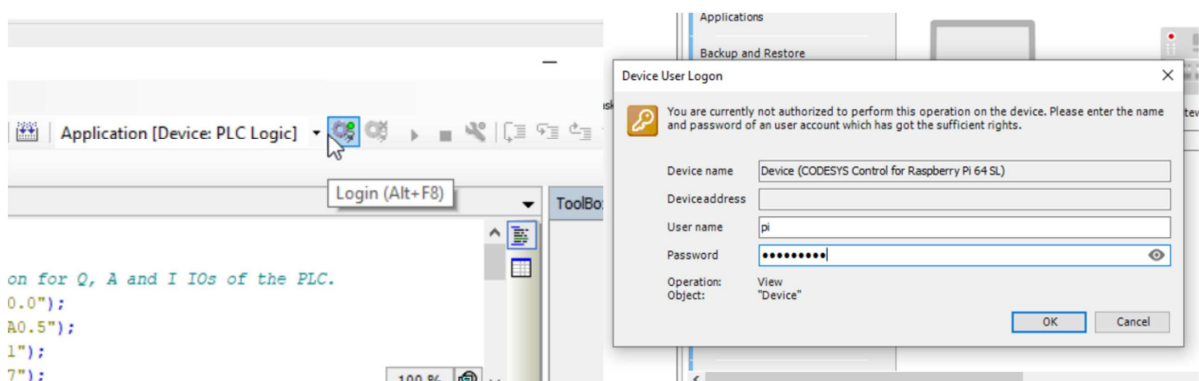


Рисунок 3.4 – Під'єднання до Raspberry Pi з CodeSYS

Щоб GPIO ПЛК Industrial Shields був активним, необхідно щоб був активним інтерфейс I2c. Він відображається в CODESYS як пристрій Master i2c.

Виділені функціональні блоки GPIO. Їх можна знайти в пресетах проекту в репозиторії Github.

Розширювачі ПЛК вимагають, щоб шина I2C була активною. Функціональні блоки мають бути розміщені у вікні ROU, і вони будуть доступні протягом всього проекту. Усі методи використовують пристрій I2C_master. Необхідно додати пристрій « I2C_master » до інтерфейсу I2C в «Пристроях».

Функціональний блок: GPIO

Використовуйте для аналогових/цифрових ПЛК. Він містить різні методи:

FB_init(рядок WSTRING) - поле ініціалізації, відповідає за налаштування адрес внутрішніх мікросхем I2C ПЛК з відповідними регістрами. WSTRING вводиться з назвою GPIO у форматі «Q0.0». Рядок має містити 4 або 5 символів. (Наприклад: «A2.7» або «I2.10»).

read_analog() - аналогове читання. Не вимагає введення, повертає UINT.

read_digital() - цифрове читання. Не вимагає введення, повертає BOOL.

write_analog(значення UINT) - аналоговий запис. Потрібен вхід UINT. Повертає BOOL.

write_digital(значення BOOL) цифровий запис. Потрібне введення BOOL. Повертає BOOL.

Функціональний блок: GPIOsR

Використовуйте для релейних ПЛК. Він містить різні методи:

FB_init(рядок WSTRING) - ініціалізація, відповідає за налаштування адрес внутрішніх мікросхем I2C ПЛК з відповідними регістрами. WSTRING вводиться з назвою GPIO у форматі «Q0.0». Рядок має містити 4 або 5 символів. (Наприклад: «A2.7» або «I2.10»).

read_analog() - аналогове читання. Не вимагає введення, повертає UINT.

read_digital() - цифрове читання. Не вимагає введення, повертає BOOL.

`read_relay()` - перевірити значення статусу реле. Не вимагає введення, повертає `BOOL`. Це не показання напруги між клемми реле, а просто перевірка стану реле.

`write_analog(значення UINT)` - аналоговий запис. Потрібен вхід `UINT`. Повертає `BOOL`.

`write_digital(значення BOOL)` - цифровий запис. Потрібне введення `BOOL`. Повертає `BOOL`.

`write_relay(значення BOOL)` - запис реле. Потрібне введення `BOOL`. Повертає `BOOL`.

Оголошення `GPIO` робиться шляхом створення екземпляра функціонального блоку, надаючи тип, зону/рівень і `PIN`-код, як описано раніше.

У програмному коді ПЛК команди читання та запису можуть виконуватися за допомогою відповідних методів. Ось приклад цифрового ПЛК із використанням функціональних блоків `GPIO`:

– Заголовок програми –

```
PROGRAM PLC_PRG
```

```
VAR
```

```
Var1 : GPIOs := GPIOs("I0.7");
```

```
Var2 : GPIO := GPIO ("Q0.0");
```

```
i : UINT;
```

```
I2: BOOL := TRUE;
```

```
END_VAR
```

– Тіло програми –

```
i := Var1.read();
```

```
Var2.write(i2);
```

Деякі піни неможливо оголосити. Це стосується прямих `GPIO`. Це `IX.5` і `IX.6` у цифрових ПЛК і `IX.0` і `IX.1` у релейних ПЛК.

У зазначених випадках користувач повинен оголосити їх, як описано.
Змінна спочатку повинна бути оголошена в заголовку програми.

- Заголовок програми -

Direct_pin : BOOL;

i : BOOL;

Спочатку оновіть пристрій "GPIOs A/B" до "GPIOs B +/Pi2".

Доступ до GPIOs_A_B. У параметрах GPIO відредагуйте потрібний GPIO, установивши для його «Значення» значення «Вхід» або «Вихід».

У GPIOs I/O Mapping відредагуйте GPIO у спадному списку (входи або виходи) і призначте змінну проекту. Пишемо в «Змінна», натискаємо [...].

Інтерфейс відображатиме всі змінні, існуючі в проекті. Вони класифікуються у файлоподібній структурі. Дотримуйтеся категорій → Програма → <PLC_PRG> → <Direct_pin>. Натисніть змінну, і вона буде призначена.

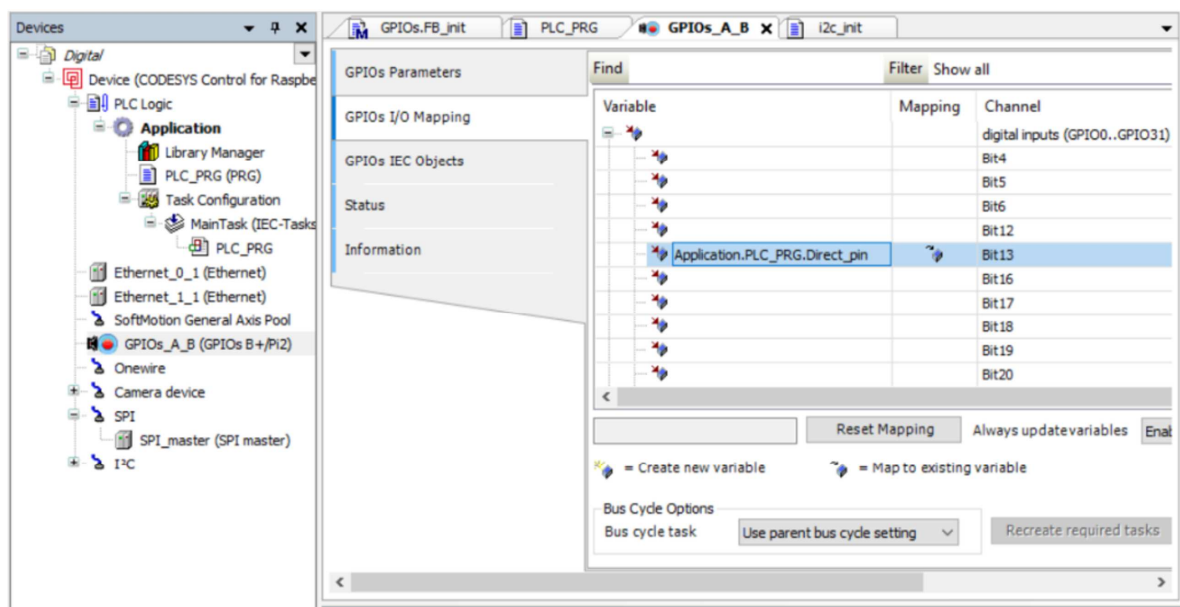


Рисунок 3.5 – Використання цифрових входів/виходів

Тепер ми можемо перевірити або записати значення в цю змінну, яка буде поводитися відповідно до режиму закріплення. Ось приклад перевірки введення за допомогою змінної, яку ми оголосили раніше:

- Тіло програми -

`i := Direct_pin;`

GPIO та їхні асоціації наведені на рисунку 3.6.

Аналоговий PLC Pin	Виводи ПЛК реле	Канал / біт
I0.5	I0.0	13
I0.6	I0.1	12
I1.5	I1.0	27
I1.6	I1.1	5
I2.5	I2.0	26
I2.6	I2.1	4

Рисунок 3.6 - Таблиця еквівалентності контактів

Таким чином, налаштування CODESYS для Raspberry Pi забезпечує універсальне та потужне рішення для промислової автоматизації. Використовуючи програмне забезпечення CODESYS і його сумісність з ПЛК Raspberry Pi, користувачі можуть створювати індивідуальні системи керування, які відповідають стандартам IEC 61131-3. За допомогою цих інструментів можна ефективно інтегрувати ПЛК Raspberry Pi у проекти промислової автоматизації, оптимізуючи продуктивність і ефективність.

3.2 Проектування програмного забезпечення

Для проектування програмного забезпечення використано систему проектування CodeSYS.

Використання CODESYS для розроблення програмного забезпечення автоматизованої системи керування автомийкою самообслуговування забезпечує широкий спектр переваг, які роблять цю платформу оптимальним вибором для створення надійних, масштабованих і функціональних рішень. Завдяки підтримці стандарту IEC 61131-3, CODESYS забезпечує універсальність у розробці програм, інтеграцію обладнання та створення зручних інтерфейсів взаємодії з користувачем.

CODESYS підтримує всі стандартні мови програмування ПЛК, зокрема Ladder Diagram (LD), Structured Text (ST) та Function Block Diagram (FBD). Це дозволяє інженерам розробляти алгоритми керування автомийкою з урахуванням її специфічних вимог, таких як управління подачею води, хімії, нагріванням, часом виконання програм тощо. Крім того, дотримання стандарту IEC 61131-3 забезпечує сумісність із широким спектром апаратного забезпечення, що робить систему легко інтегрованою у різні конфігурації автомийок.

Однією з ключових переваг CODESYS є вбудовані інструменти для створення візуалізацій HMI (Human-Machine Interface). Це дозволяє розробляти інтуїтивно зрозумілі інтерфейси для клієнтів автомийки та операторів. Графічні елементи, такі як кнопки, індикатори, графіки й анімації, легко налаштовуються, щоб відображати стан обладнання, вибір програм мийки або процеси, що виконуються. Крім того, візуалізації можуть бути доступні як через локальні сенсорні панелі, так і через віддалений веб-доступ.

CODESYS дозволяє організувати багатозадачність у системах керування автомийкою. Наприклад, можна одночасно керувати декількома мийними постами, модулем оплати, подачею води та іншими процесами. Ця властивість підвищує ефективність і стабільність роботи автомийки, оскільки всі підсистеми працюють узгоджено під контролем єдиної програми.

Завдяки модульній структурі розробка в CODESYS дозволяє легко

адаптувати програму до різних конфігурацій автоматик. Наприклад, до базової системи можна додати нові функції, такі як інтеграція порохотягів, осмотичної установки або нових способів оплати, без значного переписування основного коду. Це важливо для створення рішень, які можуть рости разом із потребами бізнесу.

CODESYS має вбудовану підтримку для реалізації промислового Інтернету речей (IIoT) через протоколи OPC UA, MQTT або Modbus. Це дозволяє забезпечити віддалений моніторинг автоматик, отримувати дані про стан обладнання та споживання ресурсів, а також проводити діагностику й оновлення програмного забезпечення. Наприклад, адміністратори можуть в реальному часі контролювати кількість клієнтів, статус модулів та витрати води чи хімії.

Інтуїтивний інтерфейс CODESYS спрощує розробку, тестування та впровадження програмного забезпечення. Завдяки функції емуляції інженери можуть перевірити роботу автоматик в режимі симуляції, що зменшує ризики помилок і скорочує час на введення системи в експлуатацію. Це особливо важливо для швидкого запуску проєкту або впровадження оновлень.

CODESYS сумісний із багатьма типами обладнання, включаючи мікроконтролери, промислові ПЛК, сенсорні панелі та навіть Raspberry Pi. Завдяки цьому розробник може вибрати апаратну платформу, що найбільше відповідає бюджету та технічним вимогам проєкту, без втрати функціональності програмного забезпечення.

Таким чином, використання CODESYS для створення автоматизованої системи керування автоматикою та візуалізацій HMI дозволяє зменшити час і витрати на розробку, забезпечити високу якість сервісу та запропонувати зручний досвід для клієнтів і операторів.

Структура HMI інтерфейсу для автоматизованої системи керування автоматикою самообслуговування повинна бути інтуїтивно зрозумілою, зручною для користувача та функціональною. Основні елементи

інтерфейсу мають забезпечувати швидкий доступ до необхідної інформації, спрощувати вибір програм і керування послугами, а також гарантувати безперебійний моніторинг і діагностику системи для операторів.

1. Екран авторизації - екран є стартовою точкою для всіх користувачів. Основні елементи:

- логотип автомийки або бренд;
- поле вводу ідентифікатора користувача;
- поле вводу паролю.

Даний екран призначений для авторизації користувача, та в подальшому частина функції може бути для даного користувача недоступною, так наприклад якщо користувач відноситься до технічного персоналу, то йому важливо бачити статистику та параметри роботи обладнання, проте функції зміни вартості послуг йому можуть бути недоступні. Також даний функціонал (авторизація) може бути реалізована за допомогою NFC карт доступу, що дозволить значно підвищити зручність авторизації, проте на випадок втрати карти повинна бути можливість авторизації за допомогою логіна та пароля.

Головний екран – призначений для виводу критично важливої інформації про стан роботи обладнання. На ньому відображається загально інформація про стан роботи мийних постів, прохотягів, модуля оплати, системи подачі води та осмотичної установки. Також з даного екрану можна потрапити в інші, зокрема:

- модуль поста;
- модуль порохотяга;
- модуль обмінника;
- модуль подачі води;
- осмотична установка;
- налаштування вартості;
- статистика;

- обігрів;
- антифрост.

Модуль поста призначений для відображення процесу роботи мийного поста, зокрема стану клапанів, частотного перетворювача, виводу помилок, відображення використання ресурсів та статистики використання програм, а також налаштування швидкості двигуна для різних програм миття та налаштування інших параметрів мийного поста (дата, час, тип використовуваного обладнання, затримка зниження яскравості освітлення і т.д.).

Модуль порохотяга призначений для налаштування роботи порохотяга та виводу статистики використання.

Модуль обмінника призначений для виводу інформації про стан роботи обладнання, зокрема куп'юроприймачі та модуля безконтактної оплати.

Модуль подачі води призначений для виводу поточної інформації про стан його роботи зокрема тиску в системі холодної води, гарячої води, осмотичної води. А також про рівень води в відповідних ємностях. Також надає інформацію як про стан роботи частотних перетворювачів так і дозволяє налаштовувати параметри тиску в цих мережах та діапазон підтримки тиску.

Модуль осмотичної установки надає інформацію про рівень осмотичної води в ємності та рівень її очистки, а також дозволяє налаштовувати параметри коефіцієнтів скидання води, час промивки мембрани та період промивки мембрани.

Екран налаштування вартості призначений для налаштування вартості програм миття на мийних постах та налаштування вартості програм порохотяга.

Екран статистика призначений для виводу статистичної інформації про час та період миття, використання ресурсів (води, піни, воску).

Додаткові особливості HMI:

Мультимовність: вибір мови інтерфейсу (наприклад, українська, англійська).

Захист паролем для доступу до операторських чи адміністраторських функцій.

Ця структура НМІ дозволяє зручно обслуговувати клієнтів, спрощує роботу операторів та забезпечує ефективну роботу автоматизації.

На рисунку 3.7 наведено зовнішній вигляд головного вікна входу.

Рисунок 3.7 – Головне вікно входу

З даного вікна розпочинається авторизація користувача з відповідним рівнем доступу, в яких передбачається можливість перегляду певних параметрів та їх зміни.

Наступним йде інформаційне вікно про стан роботи обладнання, яке є по суті головним вікном системи, на ньому відображається рівень води, як звичайної так і осмотичної, що є важливим при роботі автоматизації. А також виведений тиск повітря та насосної групи, що дозволяє контролювати дані параметри та швидко реагувати на них, оскільки без належного тиску в системі неможлива робота як окремих програм так і усіх. А також відображено рівень хімічних розчинів, що використовуються на автоматизації.

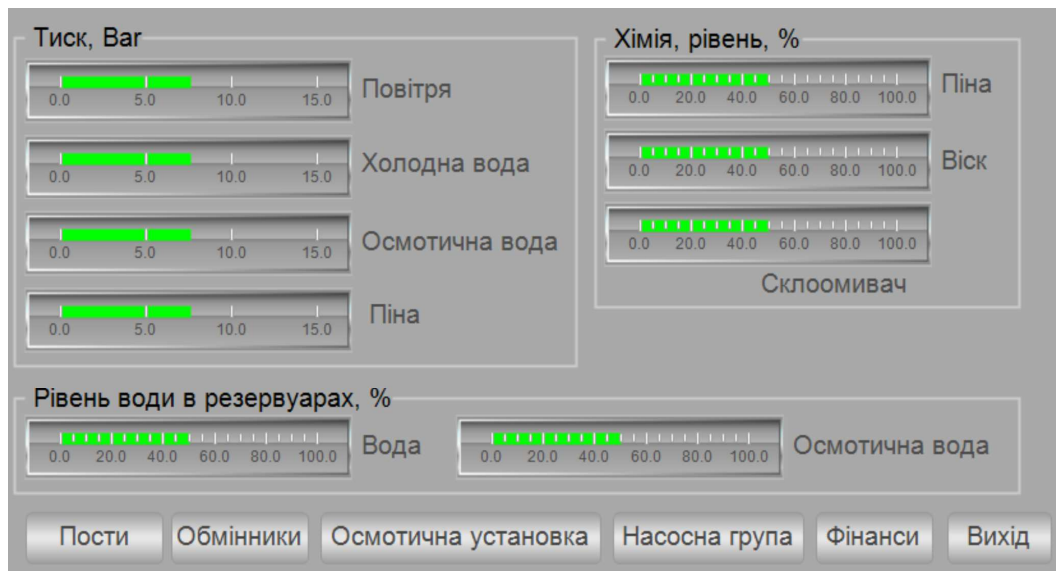


Рисунок 3.8 - Інформаційне вікно про стан роботи обладнання

Для отримання інформації про роботу постів та порохоотягів призначена візуалізація (рисунок 3.9) яка викликається при натисканні кнопки «пости».



Рисунок 3.9 – Візуалізація «пости»

На даній візуалізації відображаються стан роботи постів:

- зелений – пост працює;
- жовтий – пост працює, але не повністю (відсутні деякі

програми)

- червоний – пост не працює, або вимкнений.

Також там відображаються кількість коштів на пості та поточна програма.

Для контролю роботи обмінників є окрема візуалізація «обмінники» (Рисунок 3.10) на якій відображається стан роботи обмінників, куп'юроприймачів (CashCode) та NFC зчитувачів для карт лояльності. Також в групі події описується звіт виконаних операцій, щоб можна було відслідкувати у випадку нештатних ситуацій.

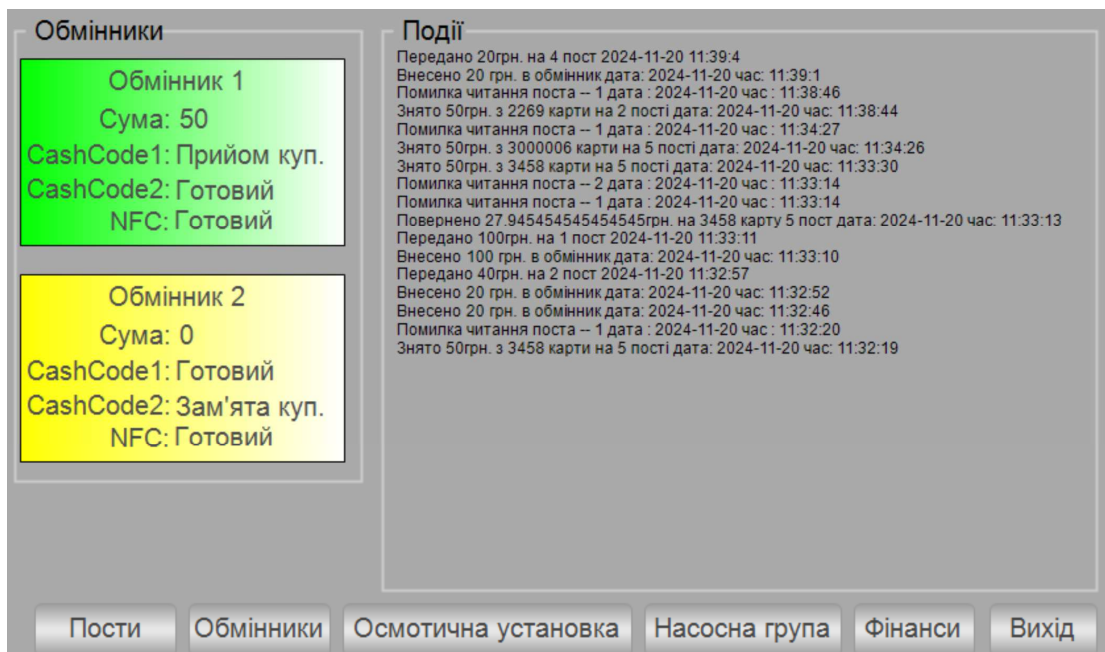


Рисунок 3.10 – Візуалізація стану роботи обмінників

Для керування роботою осмотичної установки є окрема вкладка (візуалізація), яка відображає її поточний стан роботи та дозволяє встановити потрібні налаштування.

Дана візуалізація дозволяє налаштувати параметри роботи осмотичної установки, зокрема тиск на вході та робочий тиск, тобто коли вона запускається, то відкривається вхідний клапан і міряється тиск в водогоні чи він достатній для роботи системи. Далі проводиться промивка згідно налаштованих параметрів та цей процес повторюється поки

кількість води не досягне рівня зупинки, коли рівень знизиться до рівня запуску, то цикл повториться.

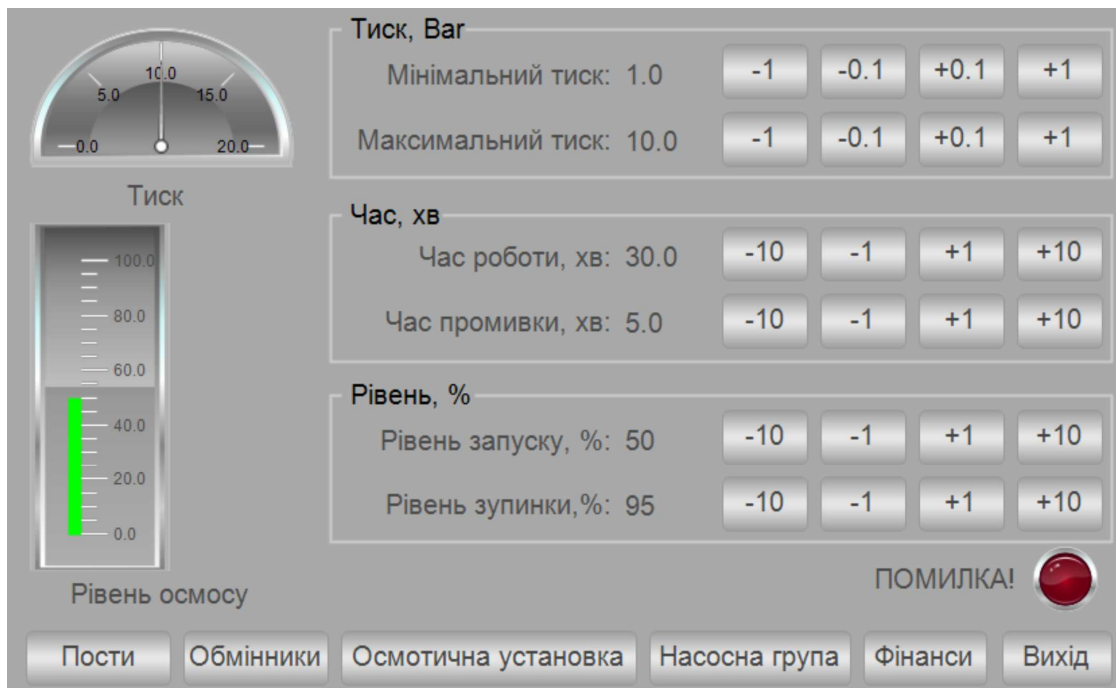


Рисунок 3.10 – Візуалізація керування осмотичною установкою

У випадку відсутності достатнього тиску в системі модуль осмотичної установки перейде в стан помилки, періодично перевіряючи чи не з'явився вхідний тиск у водопроводі.

Для налаштування модуля насосної групи призначена наступна візуалізація (рисунок 3.11) в даній візуалізації відображається поточний тиск по кожній pompі та поточні налаштування, серед яких є заданий тиск який необхідно підтримувати та так звана дельта де задаються межі точності підтримки заданого тиску. В даних система зазвичай використовуються вихрові та відцентрові помпи які на відміну від поршневих не можуть тримати заданий тиск коли помпа не працює. Тому до них зазвичай ставлять зворотні клапани і необхідно щоб помпа накачала заданий тиск + дельту, наприклад $6\text{ bar} + 0,4$ тоді поки тиск не впаде менше 6 bar помпа може бути вимкненою, зазвичай для забезпечення стабільності тиску використовуються частотні перетворювачі, що забезпечує доволі плавну реакцію. Проте якщо відбору рідини немає, то помпа зупиниться,

що не можливо при відсутності дельти або її низькому значенні.

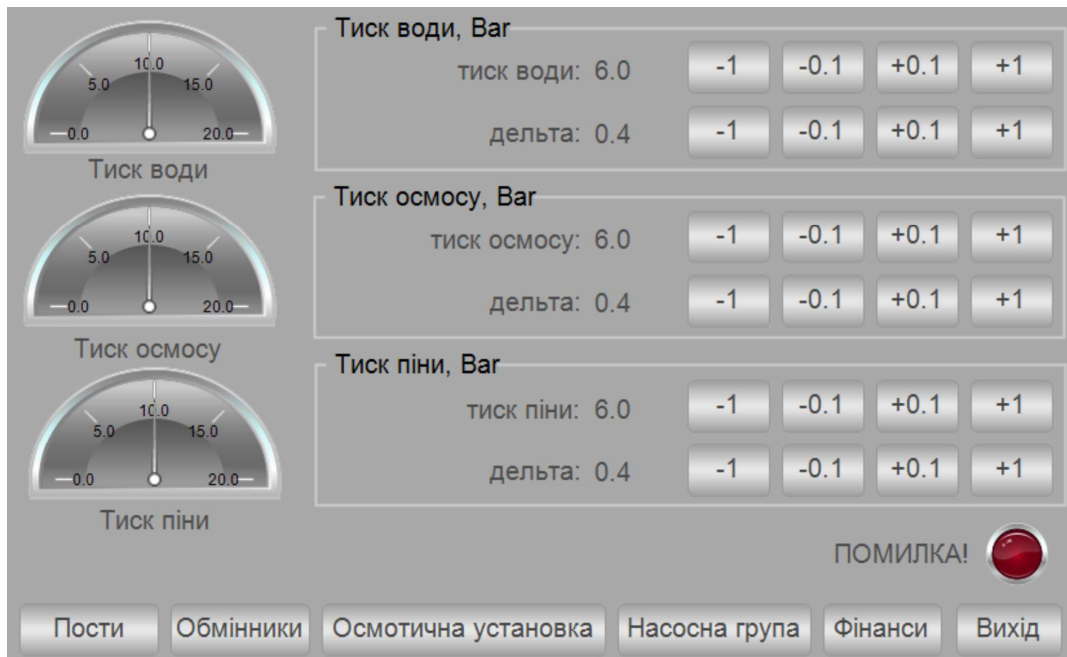


Рисунок 3.11 – Візуалізація налаштувань модуля насосної групи

Вкладка фінанси (рисунок 3.12) дозволяє проглянути про кількість коштів в обмінниках та порохотяхах.

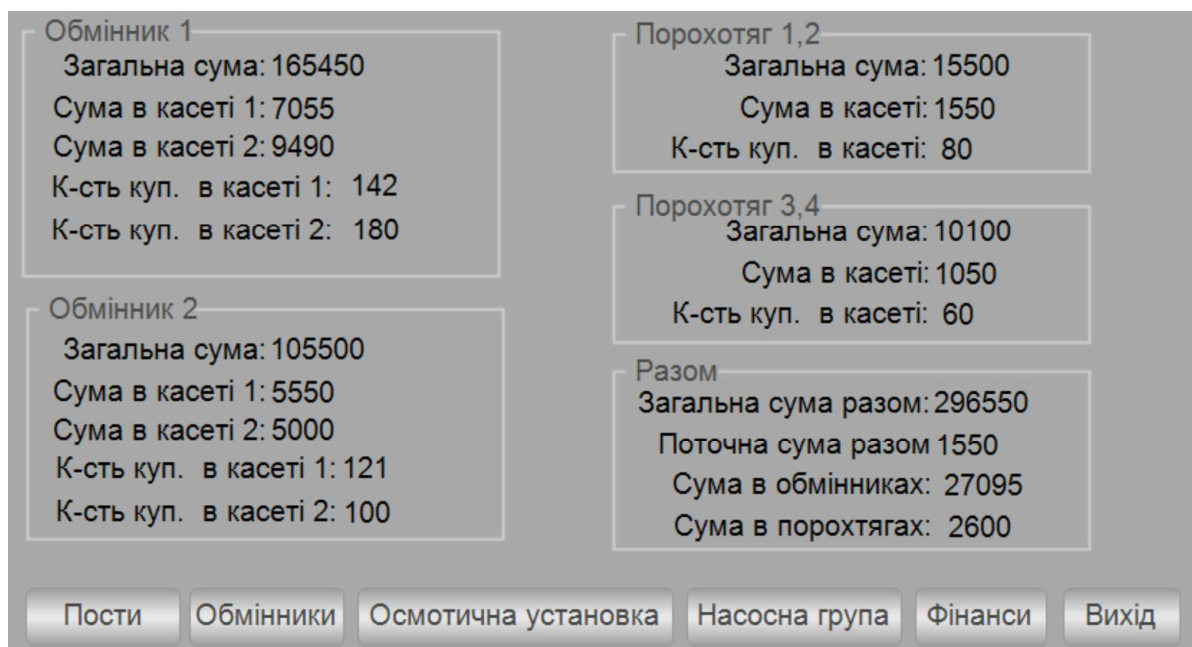


Рисунок 3.12 – Візуалізація вікна «фінанси»

Дана візуалізація відображає загальну суму прийнятих коштів по кожному з пристроїв за весь час їх роботи та поточну суму в кожному

куп'юроприймачі та порохотягах, тако відображається кількість куп'юр в кожній касеті. Ця інформація є доволі важливою оскільки дозволяє контролювати ці параметри, так як наприклад касета на 1000 куп'юр впевнено вміщає 600 куп'юр і після цієї цифри, якщо куп'юроприймач не зможе вкласти чергову куп'юру він йде в помилку «касета заповнена» і перестає працювати. Тому ця інформація дозволяє планувати періоди інкасацій, щоб підтримувати обладнання в робочому стані, і якщо куп'юроприймачів зазвичай по два на обмінник, то в порохотягах він один на один двосторонній порохотяг, тобто у такому випадку одразу два порохотяги перестають працювати.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі було розроблено автоматизовану систему керування роботою автомийки, яка відповідає сучасним вимогам ефективності, зручності та надійності. У результаті виконаної роботи було досягнуто наступне:

1. Інтеграція автоматизованої системи керування із багаторівневим НМІ-інтерфейсом:

Розроблено та реалізовано структуру НМІ, яка поєднує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс із багаторівневим доступом для різних категорій користувачів (адміністратора, операторів, технічного персоналу).

Запропоновано використання кольорових індикаторів та інтерактивних елементів для візуалізації стану всіх основних компонентів автомийки.

2. Розробка механізмів динамічного налаштування параметрів системи:

Впроваджено функцію адаптивного налаштування параметрів роботи обладнання залежно від поточного стану системи (тиску в насосах, рівня води, стану осмотичної установки тощо).

Запропоновано використання алгоритмів самодіагностики для автоматичного переходу обладнання в режим помилки та відновлення при усуненні несправностей.

3. Інтеграція фінансового та технічного моніторингу в єдиній системі:

Реалізовано можливість відображення та аналізу фінансових показників у реальному часі (сумарні кошти, кількість купюр у касетах) для ефективного планування інкасацій та запобігання зупинкам обладнання.

Об'єднання інформації про стан мийних постів, порохотягів, обмінників та насосних станцій в єдиній інформаційній системі.

4. Запропоновано використання NFC-карт у поєднанні з традиційними методами авторизації (логін/пароль), що підвищує зручність та безпеку доступу.

5. Сформовано універсальну архітектуру, що може бути адаптована для роботи з різними конфігураціями автомийок (кількість постів, типи обладнання, способи оплати). Реалізовано модульний підхід, який дозволяє легко додавати нові функції або змінювати існуючі компоненти без значних доопрацювань системи.

Впроваджено механізми автоматичного регулювання роботи насосних станцій із використанням частотних перетворювачів, що знижує енергоспоживання при відсутності навантаження.

Ці підходи сприяють удосконаленню процесів керування сучасними автомийками, забезпечуючи високу ефективність, функціональність та зручність експлуатації.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Глазірова І. Ю., Єрмолов О. В. Системи автоматизації технологічних процесів: навчальний посібник. Київ: Вид-во КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 256 с.
2. Петров В. В. Програмовані логічні контролери та їх застосування. Харків: Основа, 2020. – 312 с.
3. Карпенко С. І. SCADA-системи для автоматизації виробничих процесів. Київ: Логос, 2019. – 184 с.
4. IEC 61131-3. Programmable controllers - Part 3: Programming languages. International Electrotechnical Commission, 2013.
5. Patel N., Dey A. Design of Industrial Automation Systems. Springer, 2019. – 320 p.
6. Чернов А. П., Іванов Д. М. Системи управління виробничими процесами: теорія та практика. Донецьк: ДонНТУ, 2017. – 292 с.
7. Siemens AG. SIMATIC HMI: Basics and Best Practices for Panel-Based Systems. Siemens, 2021. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic.html>
8. Schneider Electric. EcoStruxure for Water and Wastewater Management. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.se.com/ww/en/work/solutions/for-business/water/>
9. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. Київ: Держспоживстандарт України, 2016.
10. Коваленко В. П. Енергозбереження в системах водопостачання: сучасні підходи. Харків: Укрводсервіс, 2018. – 174 с.
11. Allen-Bradley. Programmable Automation Controllers for Process Industries. Rockwell Automation, 2020. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rockwellautomation.com/>
12. Heindl E. Energy Efficiency in Pumping Systems. Springer, 2020. – 285 p.

13. Arduino AG. Arduino for Industrial Automation: Advanced Applications. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/>
14. Технічна документація на обладнання для автоматизації самообслуговування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.washtec.de/>
15. ISO/IEC 27001:2013. Information security management systems – Requirements. International Organization for Standardization, 2013.