



Прийнято 13.05.2025. Прорецензовано 19.12.2025. Опубліковано 29.12.2025.

УДК 681.5

DOI: 10.31471/1993-9981-2025-2(55)-140-147

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА З ІНТЕГРАЦІЄЮ У SCADA

Лагойда А. І. *

Кандидат технічних наук, доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

76019, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-0862-7786>

e-mail: andrii.lahoida@nung.edu.ua

Лагойда Л. І.

Асистент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

76019, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-2328-8276>

e-mail: liudmyla.lahoida@nung.edu.ua

Чигур І. І.

Кандидат технічних наук, доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

76019, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-0023-3328>

e-mail: ihor.chyhur@nung.edu.ua

Чигур Л. Я.

Кандидат технічних наук, доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

76019, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-5653-9246>

e-mail: liudmyla.chyhur@nung.edu.ua

Анотація. Основною проблемою для систем керування багатьох сучасних процесів є обмеження у зборі даних безпосередньо на об'єктах експлуатації, а також затримки, що виникають під час ухвалення рішень в умовах надзвичайних ситуацій. Ці обмеження можуть призвести до зниження

Запропоноване посилання: Лагойда, А. І., Лагойда, Л. І., Чигур, І. І. & Чигур, Л. Я. (2025). Інтелектуальна система збору та обробки даних на базі мікроконтролера з інтеграцією у SCADA. Методи та прилади контролю якості, 2(55), 140-147. doi: 10.31471/1993-9981-2025-2(55)-140-147

* Відповідальний автор



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

ефективності роботи системи, зменшення терміну її служби або, навіть, виходу з ладу. Раніше подібні проблеми частково вирішувалися шляхом впровадження систем SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), які забезпечують централізований моніторинг і управління розподіленими об'єктами. Проте в контексті розроблюваного об'єкта цього підходу недостатньо через специфіку об'єкта керування, який потребує точної та миттєвої обробки інформації з різних сенсорів, зокрема напруги, струму й температури. У зв'язку з цим дослідження фокусується на розробці та впровадженні методики, що передбачає інтеграцію сенсорів у SCADA-систему для підвищення рівня контролю, безпеки та оптимізації роботи. Такий підхід має особливу актуальність для сфер електромобільного транспорту, автономних енергетичних систем та інших галузей, де використовуються літієві акумулятори з високими вимогами до надійності. Метод реалізації системи передбачає використання мікроконтролера Arduino для зчитування даних з сенсорів напруги, струму та температури. Ці дані передаються до бази даних MySQL, звідки відображаються в середовищі SCADA-системи InTouch for System Platform, яка виконує функції візуалізації та моніторингу. Такий підхід дозволяє створити ефективну архітектуру для реального часу, у якій можливо миттєво реагувати на зміни параметрів батареї. Базу даних спроектовано для накопичення та аналізу інформації про критичні параметри системи, зокрема напругу, струм, температуру та рівень заряду, що забезпечує комплексний підхід до діагностики та прогнозування стану енергосистеми.

Ключові слова: SCADA, InTouch, MySQL, Arduino, сенсори, моніторинг, керування.

Вступ

У сучасних умовах автоматизації виробничих та енергетичних систем важливу роль відіграє оперативний моніторинг і контроль параметрів технологічного процесу. Зростаюча потреба у надійності та швидкості реагування зумовлює застосування інтегрованих рішень на основі мікроконтролерів і SCADA-систем. Одним із перспективних напрямів є розробка мікроконтролерних систем з можливістю віддаленого керування та збору даних у реальному часі, що дозволяє мінімізувати людський фактор і покращити якість прийнятих рішень.

Мета роботи – розробити спеціалізовану SCADA-систему, яка використовуватиме сенсори для збору таких даних, як напруга, струм і температура. Ці дані будуть зчитуватися через Arduino і зберігатися в базі даних MySQL [5]. Користувач зможе здійснювати моніторинг і контроль через інтерфейс НМІ за допомогою програмного забезпечення InTouch for System Platform [6].

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень та публікацій

Проблема в системах моніторингу та управління є поширеною у різних сферах і полягає в обмеженій кількості інформації, яка збирається про стан обладнання, а та-

кож у затримках прийняття рішень, коли виникають проблеми чи збої систем [1].

Операторам часто доводиться вручну збирати дані та надсилати їх до центрального вузла, що не лише потребує багато часу, але й створює ризик затримки у реагуванні на надзвичайні ситуації [2].

Поширеним рішенням є впровадження SCADA-системи (Supervisory Control and Data Acquisition), яка дозволяє централізовано інтегрувати всі дані з розподіленого обладнання та забезпечити до них доступ у режимі реального часу [3].

Однак, для деяких проєктів виникає необхідність поєднання вимірювань від різних сенсорів, зокрема напруги, струму й температури, для більш ефективного керування батареєю [4].

Теоретична база роботи

Розробка системи (рис. 1) здійснювалася в два етапи, у яких перший етап базується на проєктуванні автоматизованої системи, що включала вибір сенсорів і їх підключення до Arduino для отримання необхідних даних, а другий етап полягав у збереженні даних, отриманих від Arduino, в базу даних MySQL і виведенні їх через інтерфейс НМІ в InTouch.

Перший етап полягає в розробці системи управління батареєю для 3 літієво-іонних осередків з характеристиками 3.7 вольт та 2200 мАг. При дослідженнях використано

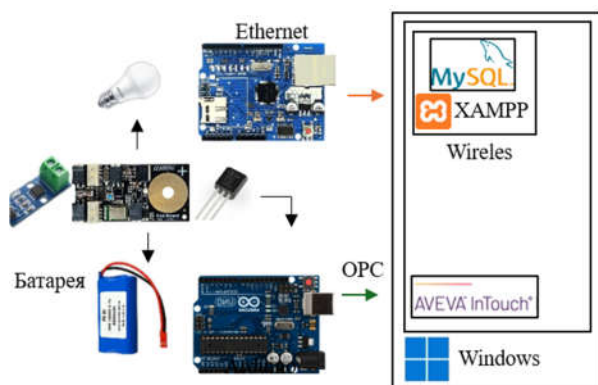


Рисунок 1 – Схема проекту

мікроконтролер Arduino Mega2560, який має досить велику кількість пінів вводу/виводу. Для вимірювання струму використовуватиметься сенсор ACS712-30, який здатний виявляти струм до 30 амперів, а для вимірювання температури – сенсор LM35. На рисунку 2 зображена структурна схема розробленої системи управління.

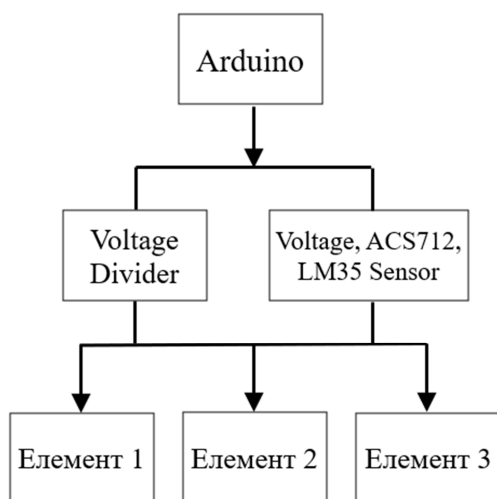


Рисунок 2 – Структурна схема розробленої системи управління

Arduino виступає як контролер для всіх підключених сенсорів, таких як ACS712-30 і LM35, для виявлення струму та температури. Для вимірювання напруги використовуватиметься схема cellboard. Cellboard складається з ланцюга подільника напруги (voltage divider), оскільки напруга, яка подається на Arduino, повинна бути в межах від 0 до 5 В. Використовуються три літєво-іонні батареї з мінімальною напругою 3.7 В і максимальною 4.2 В, які підключаються послідовно, утворюючи загальну напругу 12.6 В. Ця напруга необхідна для

живлення LED-лампи, до якої підключено сенсор струму ACS712-30 для виявлення протікання струму в разі підключення навантаження. Сенсор LM35 необхідний для вимірювання температури навколишнього середовища, щоб забезпечити оптимальний стан батареї.

Cellboard являє собою електронну плату, яка призначена для моніторингу та управління елементами батареї в акумуляторному блоці. Вона включає в себе датчики температури, напруги та мікроконтролер, що дозволяє користувачеві моніторити стан кожного елементу батареї та точно визначати процес заряджання та розряджання. Використовуючи cellboard можна оптимізувати продуктивність і термін служби батареї, а також забезпечити її безпеку під час експлуатації. Cellboard часто використовується в електричних транспортних засобах, системах зберігання енергії та медичних пристроях. У розроблюваному проекті cellboard використовує ланцюг подільника напруги на кожному осередку батареї [11]. Мінімальна напруга батареї становить 3.7 В, а максимальна – 4.2 В.

LM35 – це аналоговий датчик температури, розроблений для вимірювання температури в діапазоні від -55 градусів Цельсія до 150 градусів Цельсія. Важливими його характеристиками є висока точність і температурна стабільність, а також лінійний вихід при зміні температури. Він має 3 контакти: VCC підключається до Arduino з напругою 5 Вольт; вихідна напруга, яка буде зчитана на Arduino та підключена до Arduino на аналоговому вході; земля, яка буде підключена до контакту GND на Arduino.

Датчик LM35 використовується у сферах, які вимагають точного та стабільного вимірювання температури, таких як системи кондиціонування повітря та опалення, контролю температури в харчовій промисловості та промисловості напоїв, а також у вимірюванні температури в транспортних засобах і промисловому обладнанні. Завдяки невеликому розміру та легкому використанню він також використовується в багатьох проектах DIY та експериментах з електронікою.

ACS712 є датчиком постійного струму, який призначений для вимірювання електричного струму в діапазоні від 5 А до 30 А. Важливими його характеристиками є висока точність вимірювання, гальванічна розв'язка, яка дозволяє безпечно вимірювати струм без необхідності від'єднання кабелю, вихідна напруга лінійна з виміряним струмом. Його вихід виражається у вигляді аналогової напруги, причому діапазон вихідної напруги пропорційний виміряному струму. Датчик ACS712 застосовується у багатьох проєктах, які вимагають точного вимірювання електричного струму, наприклад, у системах заряджання акумуляторів, керування двигуном і вимірювання потужності, а також у системах виробництва сонячної та вітрової енергії. Завдяки невеликому розміру та простоті використання він також часто використовується в проєктах DIY та експериментах з електронікою для моніторингу електричного струму в електронних схемах. Структура майже така ж, як у датчика температури LM35, складається з 3 контактів, а саме: VCC, аналогового входу та землі. Датчик ACS712-30 підключається між мінусовим кабелем навантаження, як показано на рисунку 3.

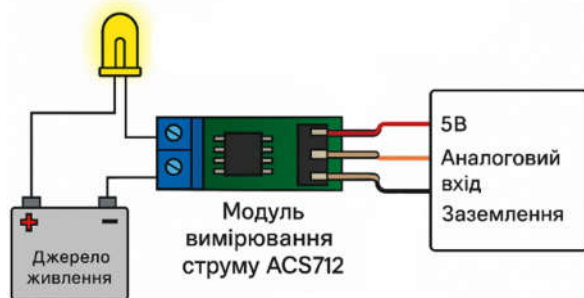


Рисунок 3 – Структура датчика ACS712

Отримані від батареї дані мають бути зчитані контролером, а також будуть зберігатися в базі даних MySQL через додаток XAMPP і відображатися в InTouch.

У випадку комунікації між Arduino і базою даних виділяють кілька етапів: зв'язок між акумуляторним блоком і Arduino для отримання вимірювань напруги, струму та температури; передача даних від Arduino до HMI (InTouch) через OPC по послідовному кабелю; передача даних від Arduino до бази MySQL через Ethernet.

У проєкті використано дві плати Arduino:

- Arduino Mega 2560 із Ethernet Shield надсилає дані (напруга, струм, температура) до бази MySQL через маршрутизатор, який є терміналом для Mega 2560 і ноутбука. Mega 2560 підключено кабелем Ethernet до роутера, а ноутбук – по бездротовій мережі.

- Arduino Uno відображає дані стану батареї у InTouch через OPC-сервер, але не зберігає їх у базі.

Існує два типи комунікації Arduino (рис. 4):

1. Ethernet-зв'язок, що відповідає за збереження отриманих даних у базі MySQL.

2. OPC-зв'язок Arduino, що відповідає за відображення даних, отриманих від батарейного пакету, у HMI.

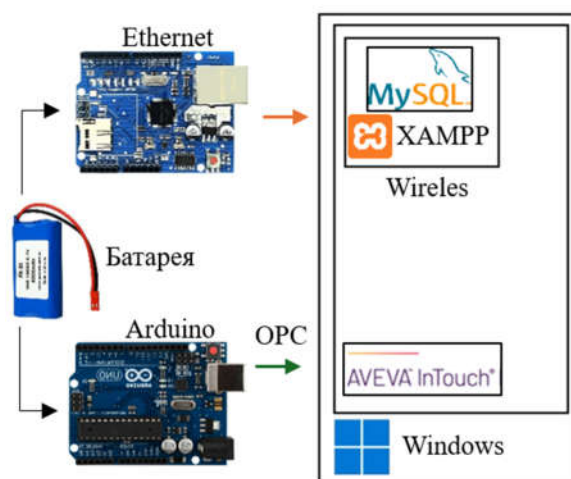


Рисунок 4 – Схема проєкту комунікацій

Після створення програми для Arduino наступним етапом є комунікація між програмою Arduino та мовою PHP для того, щоб дані могли бути зчитані MySQL і збережені в базі даних. Метою зміни мови є тільки конвертація даних з Arduino на PHP. Далі Arduino підключається до InTouch через OPC по серійному порту. Для Arduino Uno використовується OPC-комунікація. OPC забезпечує зв'язок між різними програмами, використовуваними в промисловості, особливо для автоматизації, щоб з'єднати програмне забезпечення різних виробників, наприклад, з'єднати програмне забезпечення PLC Schneider Electric з HMI InTouch.

У даному дослідженні використовується OPC for Arduino, що служить для з'єднання Arduino IDE з InTouch або як OPC сервер проєкту. У SCADA-системі InTouch є спеціальна програма OPC, що називається FS Gateway, яка працює як OPC клієнт і приймає дані від OPC сервера.

Як показано на рисунку 5, експеримент починається з підключення схеми cellboard до Arduino, де розташування пінів уже визначено. Cellboard в цьому випадку використовується для зчитування напруги з батарей, яка є дуже важливою як референсна величина для датчиків LM35 та ACS712-30. Після підключення cellboard, наступним етапом є підключення датчика LM35 до Arduino для вимірювання температури. Потім до Arduino підключається навантаження у вигляді LED-лампи на 12 VDC і потужністю 3 W перед підключенням датчика ACS712-30. Після перевірки роботи лампи, датчик ACS712-30 підключається між навантаженням і батареєю для вимірювання струму, що проходить.

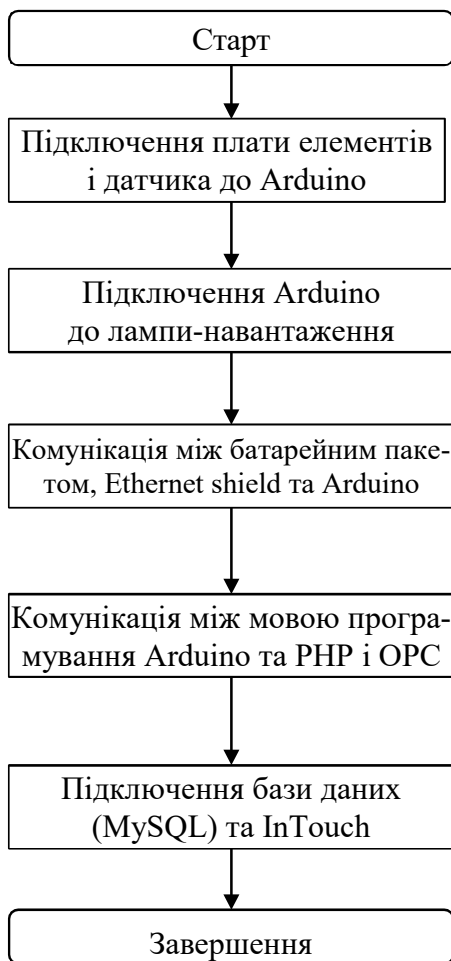


Рисунок 5 – Діаграма дій системи

Далі відбувається паралельна робота – підключення акумуляторного пакету до Arduino Mega 2560 та Arduino Uno. Arduino Mega 2560 використовується для збору даних і їх збереження в базі даних, а Arduino Uno – для відображення даних без збереження. Для обох Arduino визначається мова комунікації: для Arduino Mega 2560 мова Arduino змінюється на PHP, а для Arduino Uno використовується додаткове оголошення для комунікації OPC в мові Arduino.

Після цього Arduino Mega 2560 підключається до бази даних MySQL в програмі XAMPP на ноутбучі, а Arduino Uno підключається до InTouch через OPC Server (OPC для Arduino) і OPC Client (FSGateway).

Після розробки та запуску системи наступним кроком є перегляд даних, які були отримані від Arduino. Спочатку відображаються дані про напругу кожної батареї та загальну напругу батарей.

Ці дані з напруги згодом використовуватимуться для визначення залишкової ємності батареї. Крім того, вимірювання напруги є вихідними даними для обчислення струму та температури, адже всі подальші розрахунки залежать від напруги.

Дані про струм отримуються за формулою:

$$V_{вих} = \frac{V_{cc}}{2} + S_{\theta} \cdot I, \quad (1)$$

де $V_{вих}$ – вихідна напруга датчика (вольти); V_{cc} – напруга живлення (5 В); S_{θ} – чутливість датчика ACS712-30 (0,066 В/А); I – вимірюваний струм (ампери).

Температура обчислюється за зміною напруги, яку видає датчик LM35 (10 мВ/°C). У прошивці Arduino напруга множиться на опорну напругу та масштабний коефіцієнт, щоб перетворити її в градуси Цельсія.

Далі зібрані дані про залишкову ємність батареї використовуються як індикатор рівня заряду батареї, що знаходиться під контролем. У цьому проєкті дане значення розраховується як сумарне значення для трьох батарей, з'єднаних послідовно. Встановлено, що рівень залишкової ємності батареї зменшується разом зі зниженням напруги.

Паралельно з передачею даних у базу також здійснюється комунікація з InTouch через Arduino Uno. Дані з Arduino Uno не зберігаються в базі, а безпосередньо відображаються в HMI. На рисунках 6 і 7 показано інтерфейс, що був реалізований у цьому дослідженні.

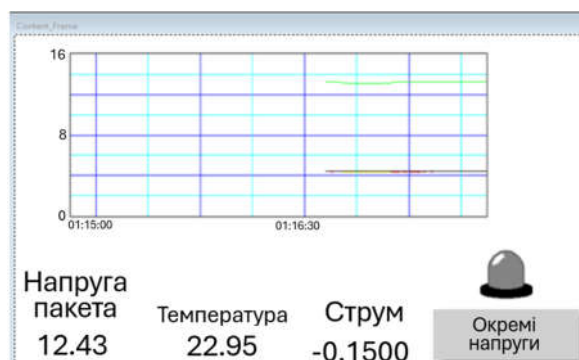


Рисунок 6 – Вигляд головної сторінки InTouch

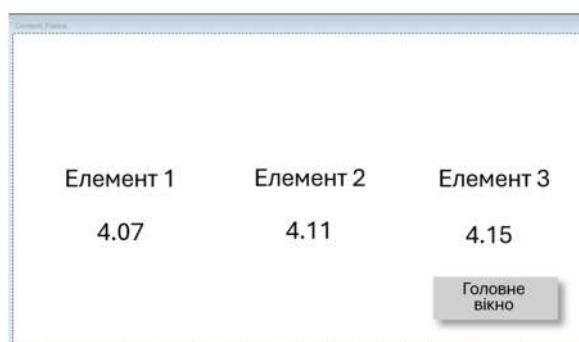


Рисунок 7 – Вигляд сторінки з виведенням значень напруги

На рисунку 6 показано головну сторінку з даними про загальну напругу, температуру, струм, графіком напруги та індикатором навантаження. На рисунку 7 відображається напруга кожного з трьох контрольованих осередків батареї.

На рисунку 6 індикатор навантаження неактивний, оскільки лампа не підключена. Робота індикатора залежить від виміряного струму: за негативного значення струму навантаження відсутнє, за позитивного - є підключене навантаження. На рисунку 8 показано випадок, коли навантаження ввімкнене і струм стає позитивним.

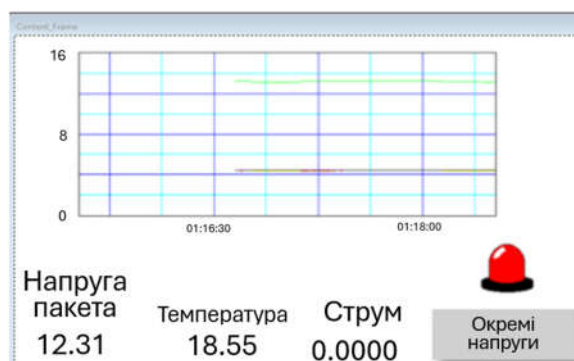


Рисунок 8 – Вигляд головної сторінки InTouch, коли увімкнена лампа

Висновки

У ході виконання даної роботи створено систему для виявлення напруги, струму та температури, а також базу даних на MySQL і HMI на InTouch. Значення напруги, яке відображається в базі даних, не збігається зі значенням, відкаліброваним за допомогою мультиметра, через неправильний вибір опорної напруги. Величина похибки становить 7 % при рівні точності 93 %. Крім того, якщо значення струму негативне - це означає, що навантаження не підключено, тоді як якщо струм позитивний - навантаження підключено.

Дані напруги, струму та температури, які зберігаються та відображаються в базі даних, отримуються з Arduino Uno та не зберігаються в базі даних, а безпосередньо відображаються у InTouch, оскільки Arduino Mega 2560 з Ethernet-shield уже зберігає їх у MySQL.

Подяки
Відсутні.

Конфлікт інтересів
Відсутній.

Список використаних джерел / References

1. Velasco-Hernandez, G. et al. Autonomous Driving Architectures, Perception and Data Fusion: A Review. In Proceedings of the 2020 IEEE 16th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP 2020), Cluj-Napoca, Romania. 2020. doi:[10.1109/ICCP51029.2020.9266268](https://doi.org/10.1109/ICCP51029.2020.9266268)
2. Raouf, I. et al. Sensor-Based Prognostic Health Management of Advanced Driver Assistance System for Autonomous Vehicles: A Recent Survey. Mathematics 2022. 10, 3233. doi:[10.3390/math10183233](https://doi.org/10.3390/math10183233)
3. Vargas J. et al. An Overview of Autonomous Vehicles Sensors and Their Vulnerability to Weather Conditions. Sensors. 2021. 21(16):5397. doi :[10.3390/s21165397](https://doi.org/10.3390/s21165397)
4. Yeong, D.J. et al. Sensor and Sensor Fusion Technology in Autonomous Vehicles: A Review. Sensors 2021. 21. 2140. doi:[10.3390/s21062140](https://doi.org/10.3390/s21062140)
5. Xu W. et al. Analyzing and Enhancing the Security of Ultrasonic Sensors for Autonomous Vehicles, in IEEE Internet of Things Journal, vol. 5, no. 6, pp. 50155029, 2018. doi: [10.1109/IJOT.2018.2867917](https://doi.org/10.1109/IJOT.2018.2867917)
6. Rathin Chandra Shit Precise localization for achieving next-generation autonomous navigation: State-of-the-art, taxonomy and future prospects. Computer IA94.150БАК.004 ПЗ Зм. Арк. № докум. Підпис Дат а Арк. 82 Communications Volume 160, 1 July 2020, P. 351-374. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.06.007>.
7. Erick J. Rodríguez-Seda, Dušan M. Stipanović Chapter 4 - Guaranteed Collision Avoidance with Discrete Observations and Limited Actuation // Advances in Intelligent Vehicles. Academic Press, 2014, p. 89-110. doi: [10.1016/B978-0-12-397199-9.00004-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397199-9.00004-5)
8. Pandey A, Pandey S, Parhi DR. Mobile robot navigation and obstacle avoidance techniques: A review. Int Rob Auto J. 2017;2(3):96-105. doi: [10.15406/iratj.2017.02.00023](https://doi.org/10.15406/iratj.2017.02.00023)

INTELLIGENT DATA ACQUISITION AND PROCESSING SYSTEM BASED ON A MICROCONTROLLER WITH INTEGRATION INTO SCADA

Lahoida A. I.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
76019, 15 Karpatska St., Ivano-Frankivsk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0862-7786>
e-mail: andrii.lahoida@nung.edu.ua

Lahoida L. I.

Assistant
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
76019, 15 Karpatska St., Ivano-Frankivsk, Ukraine Ivano-Frankivsk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2328-8276>
e-mail: liudmyla.lahoida@nung.edu.ua

Chyhur I. I.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
76019, Karpatska St., 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0023-3328>
e-mail: ihor.chyhur@nung.edu.ua

Chyhur L. Ya.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
76019, Karpatska St., 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5653-9246>
e-mail: liudmyla.chyhur@nung.edu.ua

Abstract. One of the main challenges for control systems of many modern processes is the limitation in data collection directly at the site of operation, as well as the delays that occur during decision-making in emergency situations. These limitations can lead to reduced system efficiency, shorter service life, or even complete failure. Previously, such problems were partially addressed through the implementation of SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) systems, which provide centralized monitoring and control of distributed objects. However, in the context of the system under development, this approach is insufficient due to the specific nature of the controlled object, which requires precise and real-time data processing from various sensors, including voltage, current, and temperature. Therefore, this research focuses on the development and implementation of a methodology that involves integrating sensors into a SCADA system to enhance control, safety, and operational optimization. This approach is particularly relevant for fields such as electric transportation, autonomous energy systems, and other industries where lithium batteries are used and high reliability is required. The implementation method involves using an Arduino microcontroller to read data from voltage, current, and temperature sensors. This data is then transmitted to a MySQL database, from which it is displayed in the SCADA environment of InTouch for System Platform, serving visualization and monitoring functions. This architecture allows for an effective real-time system that can respond immediately to changes in battery parameters. The database is designed to accumulate and analyze information about the system's critical parameters—namely voltage, current, temperature, and state of charge—ensuring a comprehensive approach to diagnosing and forecasting the condition of the power system.

Keywords: SCADA, InTouch, MySQL, Arduino, sensors, monitoring, control.