

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Факультет автоматизації та енергетики
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та енергетичного
менеджменту

Федорів Михайло Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 681.518.3:621.311.6

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розроблення інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи
бензинового генератора для забезпечення стійкої роботи резервного
електропостачання приватного будинку

(назва роботи)

Інженерія відновлюваної енергетики

(назва освітньої програми)

175 – Інформаційно вимірювальні технології

(шифр і назва спеціальності)

**Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і
текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело**

Здобувач освітнього ступеню М.М. Федорів

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Яворський Андрій Вікторович, доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

доцент

В.С. Цих

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Івано-Франківський національно технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет автоматизації та енергетики

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та енергетичного менеджменту

Освітній рівень Бакалавр

Спеціальність 175 – Інформаційно вимірювальні технології

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

інформаційно-вимірювальних
технологій та енергетичного
менеджменту

В.С. Цих

“ ” 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Федоріву Михайлу Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора для забезпечення стійкої роботи резервного електропостачання приватного будинку

керівник роботи Яворський Андрій Вікторович, доцент, к. т. н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “5” травня 2026 року №204/7

2. Строк подання студентом роботи 12 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Аналіз бензинового генератора як об'єкта контролю

Вибір модулів smart-MAIC та давачів для контролю параметрів генератора

Розроблення структурної і принципової схеми інформаційно-вимірювальної системи
Налаштування Dashboard для відображення, архівування та аналізу параметрів роботи генератора

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Нормоконтролер</i>	<i>доцент Яворський А.В.</i>		
<i>Перевірка на плагіат</i>	<i>доцент Миндюк В.Д.</i>		

7. Дата видачі завдання 5 травня 2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача завдань бакалаврської роботи.	5.04.2026	
2	Складання плану.	06.04.2026	
3	Підбір джерел, аналіз генератора та систем моніторингу	09.04.2026-15.04.2026	
4	Написання розділу 1 «Аналіз інформаційно-вимірювальних систем контролю роботи бензинових генераторів»	20.04.2026-30.04.2026	
5	Написання розділу 2 «Розроблення апаратної частини інформаційно-вимірювальної системи»	01.05.2026-12.05.2026	
6	Написання розділу 3 «Візуалізація та аналіз параметрів роботи генератора в Smart-Maic Dashboard»	15.05.2026-29.05.2026	
7	Оформлення роботи.	01.06.2026-12.06.2026	

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Федорів М. М. «Розроблення інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора для забезпечення стійкої роботи резервного електропостачання приватного будинку». Бакалаврська робота освітнього рівня – бакалавр, на правах рукопису. Спеціальність – 175 «Інформаційно-вимірювальні технології». – Івано-Франківськ, 2026.

Бакалаврська робота присвячена розробленню інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора Köpner & Söhnen KS 7000 у системі резервного електропостачання приватного будинку. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи – 122 сторінок, 24 рисунків, 10 таблиць. Кількість використаних джерел – 29 од.

У роботі розглянуто бензиновий генератор як електромеханічний об'єкт контролю, робота якого залежить від електричних, технічних і паливно-експлуатаційних параметрів. Визначено основні параметри, які доцільно контролювати під час роботи генератора: напругу, струм, активну потужність, електричну енергію, коефіцієнт потужності, температуру двигуна, частоту обертання, мотогодини, рівень палива, витрату бензину та орієнтовний час автономної роботи.

Для реалізації інформаційно-вимірювальної системи обрано енергомонітор smart-MAIC D101 для контролю електричних параметрів та модулі smart-MAIC D105-EA для приймання сигналів від датчиків. Температура двигуна контролюється датчиком DS18B20, частота обертання - магнітним датчиком NJK-5002C, рівень палива - датчиком ДУ-04 А-5, а витрата бензину - витратоміром OF05ZAT G1/2 DN15.

Розроблено структурну та принципову схеми інформаційно-вимірювальної системи. Силова частина передбачає підключення генератора через двополюсний автоматичний вимикач і автоматичний ввід резерву до резервної групи споживачів приватного будинку. Вимірювальна частина

забезпечує збір даних від генератора та датчиків, їх передавання до середовища Smart-Maic Dashboard і відображення у зручному для користувача вигляді.

У середовищі Smart-Maic Dashboard сформовано інформаційну панель для контролю роботи генератора. На ній відображаються електричні, технічні та паливні параметри, а також розрахункові значення: завантаження генератора, залишок палива, орієнтовний час роботи та витрати коштів на паливо. Для аналізу роботи генератора використано графіки температури двигуна, активної потужності та витраченого палива за вибраний період.

Практичне значення роботи полягає у створенні системи, яка дозволяє користувачу контролювати роботу бензинового генератора, оцінювати навантаження, технічний стан двигуна, запас і витрату палива, а також аналізувати роботу генератора за певний період часу. Це підвищує зручність експлуатації резервного електропостачання приватного будинку та допомагає своєчасно приймати рішення щодо дозаправлення, зменшення навантаження або технічного обслуговування.

Ключові слова: БЕНЗИНОВИЙ ГЕНЕРАТОР, РЕЗЕРВНЕ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА, SMART-MAIC, DASHBOARD, D101, D105-EA, DS18B20, NJK-5002C, ДУ-04 А-5, ВИТРАТОМІР, МОНІТОРИНГ ГЕНЕРАТОРА.

ABSTRACT

Fedoriv M. M. “Development of an Information and Measuring System for Monitoring the Operation of a Gasoline Generator to Ensure the Stable Operation of Backup Power Supply for a Private House”. Bachelor’s thesis of the educational level – Bachelor, manuscript. Specialty – 175 “Information and Measuring Technologies”. – Ivano-Frankivsk, 2026.

The bachelor’s thesis is devoted to the development of an information and measuring system for monitoring the operation of the Könnner & Söhnen KS 7000 gasoline generator in the backup power supply system of a private house. The work consists of an introduction, three chapters, conclusions, a list of references and appendices. The total volume of the work is 122 pages, 24 figures, 10 tables. The number of references used is 29.

The paper considers a gasoline generator as an electromechanical object of control, the operation of which depends on electrical, technical, fuel and operational parameters. The main parameters that should be monitored during generator operation are determined: voltage, current, active power, electrical energy, power factor, engine temperature, rotational speed, operating hours, fuel level, gasoline consumption and estimated autonomous operating time.

To implement the information and measuring system, the smart-MAIC D101 energy monitor was selected for monitoring electrical parameters, and smart-MAIC D105-EA modules were selected for receiving signals from sensors. The engine temperature is monitored by the DS18B20 sensor, the rotational speed is measured by the NJK-5002C magnetic sensor, the fuel level is monitored by the DU-04 A-5 sensor, and gasoline consumption is measured by the OF05ZAT G1/2 DN15 flow meter.

The structural and schematic diagrams of the information and measuring system were developed. The power part provides for connecting the generator through a two-pole circuit breaker and an automatic transfer switch to the backup group of consumers of a private house. The measuring part provides data collection

from the generator and sensors, transmission of this data to the Smart-Maic Dashboard environment and its display in a user-friendly form.

An information panel for monitoring the generator operation was created in the Smart-Maic Dashboard environment. It displays electrical, technical and fuel parameters, as well as calculated values: generator load, remaining fuel, estimated operating time and fuel costs. Graphs of engine temperature, active power and fuel consumed over a selected period were used to analyze generator operation.

The practical significance of the work lies in the creation of a system that allows the user to monitor the operation of a gasoline generator, assess the load, the technical condition of the engine, fuel reserve and consumption, as well as analyze generator operation over a certain period of time. This improves the convenience of operating the backup power supply system of a private house and helps make timely decisions regarding refueling, load reduction or technical maintenance.

Keywords: GASOLINE GENERATOR, BACKUP POWER SUPPLY, INFORMATION AND MEASURING SYSTEM, SMART-MAIC, DASHBOARD, D101, D105-EA, DS18B20, NJK-5002C, DU-04 A-5, FLOW METER, GENERATOR MONITORING.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1: АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ РОБОТИ БЕНЗИНОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ.....	13
1.1 Мета і задачі контролю параметрів роботи бензинового генератора в системі резервного електропостачання приватного будинку.....	13
1.2 Бензиновий генератор Köpner & Söhnen KS 7000 як об'єкт контролю інформаційно-вимірювальної системи	15
1.3 Основні параметри роботи бензинового генератора, що підлягають вимірюванню та моніторингу.....	22
1.4 Сучасні засоби та системи віддаленого моніторингу роботи генераторних установок.....	30
1.5 Постановка задачі на виконання бакалаврської роботи.....	34
1.6 Висновок до Розділу 1.....	38
РОЗДІЛ 2: РОЗРОБЛЕННЯ АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РОБОТИ БЕНЗИНОВОГО ГЕНЕРАТОРА	40
2.1 Побудова структури інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора	40
2.2 Підбір системи збору і опрацювання інформації. Використання платформи Smart-Maіc в інформаційно-вимірювальній системі.....	46
2.3 Підбір датчиків інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора	53
2.3.1 Засоби вимірювання електричних параметрів генератора.....	54
2.3.2 Засоби вимірювання теплових параметрів генератора	58
2.3.3 Засоби вимірювання механічних параметрів генератора.....	62
2.3.4 Засоби контролю експлуатаційних параметрів генератора	68
2.4 Розроблення принципової схеми та опис роботи інформаційно- вимірювальної системи.....	82
2.5 Висновок до Розділу 2.....	93
РОЗДІЛ 3: РОЗРОБЛЕННЯ СЕРЕДОВИЩА ВІДОБРАЖЕННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РОБОТИ БЕНЗИНОВОГО ГЕНЕРАТОРА	95

3.1 Розроблення середовища відображення та візуалізації даних інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора	96
3.2 Формування переліку контрольованих параметрів для відображення у середовищі моніторингу	102
3.3 Архівування даних, аналіз режимів роботи та формування попереджувальних станів	110
3.4 Висновок до Розділу 3	114
ВИСНОВОК	116
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	119

ВСТУП

Актуальність роботи

У сучасних умовах проблема забезпечення надійного резервного електропостачання приватних будинків є досить актуальною. Перебої в роботі централізованої електромережі можуть призводити до зупинки освітлення, холодильного обладнання, систем опалення, циркуляційних насосів, засобів зв'язку, охоронних систем та іншої побутової техніки. Для забезпечення роботи найважливіших споживачів під час відсутності основного живлення часто використовують бензинові генератори.

Бензиновий генератор є доступним і відносно простим засобом резервного електропостачання. Його можна швидко запустити, підключити до резервної групи споживачів і забезпечити будинок електроенергією на певний час. Проте сама наявність генератора не гарантує безпечної та стабільної роботи всієї системи. Під час експлуатації важливо контролювати навантаження генератора, його електричні параметри, температуру двигуна, частоту обертання, мотогодини, рівень палива та витрату бензину.

Без належного контролю генератор може працювати в небажаних режимах, зокрема з перевантаженням, перегріванням, нестабільними електричними параметрами або недостатнім запасом палива. Це може призвести до скорочення ресурсу генератора, пошкодження підключеного обладнання або раптового припинення резервного живлення. Тому виникає потреба у створенні інформаційно-вимірювальної системи, яка дозволить не лише відображати поточні параметри генератора, а й архівувати їх, аналізувати зміну в часі та формувати зручну інформаційну панель для користувача.

Саме тому для бакалаврської роботи було обрано тему, пов'язану з розробленням інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора Könnor & Söhnen KS 7000 для забезпечення стійкої роботи резервного електропостачання приватного будинку. Використання

модулів smart-MAIC та середовища Smart-Maic Dashboard дає змогу організувати збір, передавання, відображення та аналіз основних параметрів роботи генератора.

Мета і задачі дослідження

Мета роботи полягає у розробленні інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора для забезпечення стійкої роботи резервного електропостачання приватного будинку.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати бензиновий генератор як об’єкт контролю інформаційно-вимірювальної системи;
- визначити основні електричні, технічні та паливно-експлуатаційні параметри, які доцільно контролювати під час роботи генератора;
- розглянути сучасні засоби та системи віддаленого моніторингу генераторних установок;
- обґрунтувати вибір модулів smart-MAIC та датчиків для контролю параметрів бензинового генератора;
- розробити структурну та принципову схеми інформаційно-вимірювальної системи;
- реалізувати відображення параметрів генератора в середовищі Smart-Maic Dashboard;
- передбачити можливість архівування та аналізу даних роботи генератора за допомогою графіків і таблиць.

Об’єктом дослідження є бензиновий генератор Könnor & Söhnen KS 7000 у складі системи резервного електропостачання приватного будинку.

Предметом дослідження є інформаційно-вимірювальна система контролю електричних, технічних та паливно-експлуатаційних параметрів роботи бензинового генератора.

Методи дослідження

Для вирішення поставлених у роботі задач використовувались теоретичні та практичні методи. До теоретичних методів належить аналіз технічної документації бензинового генератора, модулів smart-MAIC і датчиків, а також аналіз сучасних систем віддаленого моніторингу генераторних установок. Також використано метод порівняння під час вибору апаратних засобів для контролю електричних, технічних і паливних параметрів.

До практичних методів належать розроблення структурної та принципової схем інформаційно-вимірювальної системи, вибір місць підключення датчиків, формування інформаційної панелі в середовищі Smart-Maic Dashboard, а також розрахунок окремих параметрів, зокрема завантаження генератора, залишку палива, орієнтовного часу роботи та витрат коштів на паливо.

Практичне значення одержаних результатів

Практичне значення виконаної бакалаврської роботи полягає в розробленні інформаційно-вимірювальної системи, яка дозволяє комплексно контролювати роботу бензинового генератора в системі резервного електропостачання приватного будинку. Запропонована система дає змогу відображати напругу, струм, активну потужність, електричну енергію, коефіцієнт потужності, температуру двигуна, оберти, мотогодини, рівень палива, залишок палива, витрату бензину та орієнтовний час автономної роботи.

Використання середовища Smart-Maic Dashboard дозволяє не тільки переглядати поточні значення параметрів, а й аналізувати їх зміну за певний період часу. Завдяки графікам і таблицям користувач може оцінити навантаження генератора, тепловий стан двигуна, витрату палива та вартість використаного бензину. Це підвищує зручність експлуатації генератора, допомагає своєчасно приймати рішення щодо дозаправлення, зменшення навантаження або проведення технічного обслуговування та сприяє більш надійній роботі резервного електропостачання приватного будинку.

РОЗДІЛ 1: АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ РОБОТИ БЕНЗИНОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ

1.1 Мета і задачі контролю параметрів роботи бензинового генератора в системі резервного електропостачання приватного будинку

У сучасних умовах резервне електропостачання приватного будинку має важливе практичне значення, оскільки перебої в роботі централізованої електромережі можуть призводити не лише до побутових незручностей, а й до порушення роботи обладнання, від якого залежить комфорт і безпека проживання. Насамперед це стосується систем освітлення, холодильного обладнання, циркуляційних насосів, автоматики опалення, охоронних систем, засобів зв'язку та іншої побутової техніки, яка повинна залишатися працездатною навіть у разі зникнення основного живлення. Одним із найбільш доступних і поширених рішень для забезпечення резервного живлення є бензиновий генератор. Його перевагами є автономність, порівняно проста конструкція, можливість швидкого запуску та використання без складної стаціонарної інфраструктури. Проте сама наявність генератора ще не гарантує стійкої роботи системи електропостачання, оскільки під час експлуатації важливо контролювати, у якому режимі він працює, яке навантаження до нього підключене, чи не виникають відхилення напруги, частоти або температури двигуна.

У сучасних умовах для приватного сектору в Україні бензинові генератори є одним із найпоширеніших засобів резервного електропостачання. Це пояснюється їхньою доступністю на ринку, відносно прийнятним співвідношенням ціни та потужності, простотою запуску і можливістю швидкого забезпечення електроенергією основних побутових споживачів. На відміну від складніших систем резервного живлення, таких як акумуляторні інверторні системи великої ємності або стаціонарні дизельні електростанції,

бензиновий генератор не потребує значних початкових витрат і може бути використаний у приватному будинку без складної модернізації всієї електричної інфраструктури. Саме тому такий тип генератора доцільно розглядати як практичний об'єкт для побудови інформаційно-вимірювальної системи моніторингу.

Бензиновий генератор є складною електромеханічною установкою, у якій одночасно відбуваються процеси згоряння палива, обертання двигуна, перетворення механічної енергії в електричну та передавання цієї енергії до електроприймачів. У зв'язку з цим оцінювання його технічного стану не може здійснюватися лише за одним показником, зокрема за фактом наявності напруги на виході. Наявність вихідної напруги підтверджує роботу генераторної частини, однак не характеризує повною мірою режим роботи двигуна, рівень навантаження, температурний стан, стабільність частоти та експлуатаційні умови роботи установки. Під час експлуатації генератор може перебувати в небажаних режимах, зокрема працювати з перевантаженням, підвищеною температурою, нестабільною частотою або недостатнім запасом палива для подальшого автономного живлення. Такі режими становлять потенційну небезпеку, оскільки можуть спричинити зменшення ресурсу генератора, пошкодження підключеного обладнання або аварійне припинення резервного електропостачання. Саме тому контроль параметрів роботи бензинового генератора слід розглядати як важливий елемент забезпечення його безпечної, надійної та ефективної експлуатації.

Метою контролю параметрів бензинового генератора є забезпечення стабільної, безпечної та надійної роботи резервного електропостачання приватного будинку. Для досягнення цієї мети інформаційно-вимірювальна система повинна забезпечувати отримання поточних даних про електричні та технічні параметри генератора, їх опрацювання і подальше відображення у зручному для користувача вигляді. До основних параметрів, які доцільно контролювати, належать напруга, сила струму, частота, потужність,

температура двигуна, частота обертання, рівень палива та стан роботи генератора. Напруга і частота характеризують якість електроенергії, сила струму та потужність показують фактичне навантаження, температура двигуна дає змогу виявляти перегрів, а рівень палива дозволяє прогнозувати тривалість автономної роботи. У результаті така система повинна не просто відображати окремі числові значення, а допомагати користувачу своєчасно виявляти небезпечні або небажані режими роботи генератора.

Задачі контролю параметрів роботи бензинового генератора полягають у забезпеченні вимірювання основних електричних величин на виході генератора, контролі технічного стану двигуна, визначенні експлуатаційних показників і передаванні отриманої інформації до системи відображення. Практична цінність такого контролю полягає в тому, що користувач може своєчасно реагувати на зміну режиму роботи генератора. Наприклад, якщо потужність навантаження наближається до допустимої межі, можна зменшити кількість підключених споживачів; якщо температура двигуна зростає, це може свідчити про перевантаження або недостатнє охолодження; якщо рівень палива знижується до мінімального значення, система повинна завчасно повідомити про потребу дозаправлення. Таким чином, інформаційно-вимірювальна система підвищує не лише зручність експлуатації генератора, а й надійність усього резервного електропостачання приватного будинку.

1.2 Бензиновий генератор Könnert & Söhne KS 7000 як об'єкт контролю інформаційно-вимірювальної системи

Бензиновий генератор у системі резервного електропостачання приватного будинку доцільно розглядати як електромеханічний об'єкт, робота якого залежить від взаємодії кількох основних вузлів: двигуна внутрішнього згоряння, генераторної частини, системи автоматичного регулювання напруги, паливної системи, органів керування та зовнішнього електричного

навантаження. На відміну від простого електричного приладу, генератор не лише передає або споживає електроенергію, а виконує послідовне перетворення енергії: хімічна енергія палива переходить у механічну енергію обертання двигуна, після чого генераторна частина перетворює її в електричну енергію, придатну для живлення побутових електроприймачів. Саме тому технічний стан такої установки не можна оцінювати лише за фактом наявності напруги на вихідних клеммах. Для повноцінного контролю необхідно враховувати як електричні параметри, так і показники, пов'язані з роботою двигуна, температурним режимом, частотою обертання та умовами експлуатації.

Типовий бензиновий генератор складається з кількох основних функціональних вузлів, які спільно забезпечують перетворення хімічної енергії палива в електричну енергію. Основними елементами такої установки є двигун внутрішнього згоряння, генераторна частина, паливна система, система охолодження, система запуску, система керування, панель керування та вихідні електричні кола. Двигун внутрішнього згоряння забезпечує механічну енергію обертання, яка передається на генераторну частину. Генераторна частина, або альтернатор, перетворює механічну енергію в електричну на основі явища електромагнітної індукції. Паливна система забезпечує зберігання та подачу бензину до двигуна, а система охолодження підтримує допустимий тепловий режим роботи установки. Панель керування використовується для запуску, зупинки та контролю основних параметрів генератора, зокрема напруги, частоти й потужності. Така будова підтверджує, що бензиновий генератор слід розглядати не як один окремий прилад, а як сукупність взаємопов'язаних вузлів, кожен із яких впливає на режим роботи установки та може бути пов'язаний із певною групою контрольованих параметрів.

Таблиця 1.1 - Основні вузли бензинового генератора як об'єкта контролю

Основний вузол генератора	Призначення
Двигун внутрішнього згоряння	Перетворює енергію палива в механічну енергію обертання
Генераторна частина / альтернатор	Перетворює механічну енергію обертання в електричну енергію
Паливна система	Забезпечує зберігання та подачу бензину до двигуна
Система запуску	Забезпечує запуск двигуна генератора вручну або електростартером
Система охолодження	Відводить тепло від двигуна під час роботи
Система запалювання	Забезпечує займання паливно-повітряної суміші в циліндрі двигуна
Система автоматичного регулювання напруги	Підтримує стабільність вихідної напруги під час зміни навантаження
Панель керування та індикації	Забезпечує керування генератором і базове відображення параметрів
Вихідні електричні кола	Забезпечують підключення споживачів до генератора
Захисне заземлення	Забезпечує електробезпеку під час роботи генератора

З наведеної таблиці видно, що кожен вузол бензинового генератора пов'язаний з певною групою контрольованих параметрів. Електрична частина потребує контролю напруги, струму, частоти, потужності та електричної енергії. Двигун внутрішнього згоряння потребує контролю температури, частоти обертання і тривалості роботи. Паливна система пов'язана з контролем рівня палива або орієнтовного залишку часу автономної роботи. Саме тому інформаційно-вимірювальна система для бензинового генератора

повинна забезпечувати не лише контроль вихідної напруги, а й комплексне спостереження за технічним та експлуатаційним станом установки.

З урахуванням побутового характеру резервного електропостачання в роботі основна увага приділяється саме бензиновому генератору середнього класу потужності. Такий тип генератора є придатним для живлення основних споживачів приватного будинку, має відносно просту конструкцію та є доступним для індивідуального користувача. Тому для подальшого аналізу обрано модель Könnert & Söhne KS 7000. Könnert & Söhne KS 7000, який може використовуватися як резервне джерело електропостачання приватного будинку. Його технічні характеристики визначають вихідні умови для побудови інформаційно-вимірювальної системи, оскільки саме вони задають межі контролю напруги, струму, потужності, частоти, тривалості автономної роботи та технічного стану установки. Основні характеристики генератора наведено в таблиці 1.2. [1]

Таблиця 1.2 - Основні технічні характеристики бензинового генератора
Könner & Söhnen KS 7000

Параметр	Значення
Тип генератора	Бензиновий, однофазний
Номінальна потужність	5,0 кВт
Максимальна потужність	5,5 кВт
Вихідна напруга	230 В
Частота напруги	50 Гц
Максимальний струм	23,91 А
Об'єм паливного бака	25 л
Орієнтовний час роботи при 50 % навантаженні	близько 17 год
Модель двигуна	KS 390
Тип двигуна	Чотиритактний бензиновий
Робочий об'єм двигуна	389 см ³
Потужність двигуна	13 к.с.
Система регулювання напруги	AVR - automatic voltage regulator (автоматичний регулятор напруги) [ей-ві-ар]

Для обґрунтування вибору генератора було попередньо визначено склад резервної групи споживачів приватного будинку. До цієї групи віднесено електроприймачі, робота яких є найбільш важливою під час відсутності централізованого електропостачання: холодильник, морозильну камеру, освітлення, циркуляційний насос, котел, засоби зв'язку, комп'ютерну техніку та окремі побутові прилади короткочасного використання. За результатами розрахунку встановлено, що робоча потужність резервної групи споживачів становить приблизно 2,12 кВт, а пікова потужність з урахуванням пускових струмів окремого обладнання - близько 4,99 кВт.

З огляду на ці значення вибір бензинового генератора Könnner & Söhnen KS 7000 є технічно доцільним. Його номінальна потужність становить 5,0 кВт, а максимальна - 5,5 кВт, що дає змогу забезпечити живлення основних споживачів резервної групи та врахувати короточасне зростання навантаження під час запуску обладнання. При цьому генератор не розглядається як джерело живлення для одночасної роботи всіх електроприймачів будинку, а саме як резервне джерело для найважливіших споживачів. Такий підхід відповідає практиці резервного електропостачання приватних будинків, коли під час відключення електроенергії живляться лише критично важливі навантаження.

Отримані розрахунки також підтверджують необхідність контролю навантаження генератора. Оскільки пікова потужність резервної групи споживачів наближається до номінальної потужності генератора, у системі моніторингу доцільно передбачити відображення активної потужності, струму навантаження та відсотка завантаження генератора. Це дасть змогу користувачу своєчасно оцінювати режим роботи установки і, за потреби, обмежувати кількість одночасно підключених споживачів.



Рисунок 1.1 - Бензиновий генератор «Könnner & Söhnen» KS 7000 [1]

Як об'єкт контролю генератор має кілька взаємопов'язаних підсистем, кожна з яких породжує набір параметрів, що підлягають моніторингу:

- 1) Електрична частина характеризується вихідною напругою, струмом навантаження, частотою, потужністю та стабільністю роботи регулятора напруги.
- 2) Механічна частина пов'язана з роботою двигуна, його обертами, тепловим режимом і загальним технічним станом.
- 3) Експлуатаційна частина охоплює рівень палива, тривалість роботи, умови встановлення, вентиляцію, заземлення та правильність підключення споживачів..

Система моніторингу повинна забезпечувати синхронне збирання цих параметрів, оскільки зміни в одній підсистемі (наприклад, підвищення температури двигуна) можуть швидко впливати на електричні показники (стабільність напруги, частоту) і навпаки [1]. У заводському виконанні генератор має вбудовані засоби контролю, зокрема цифровий дисплей, який відображає мотогодини, частоту та напругу. [1] Така індикація є корисною під час безпосереднього огляду генератора, але її можливості обмежені. Вона не забезпечує віддаленого доступу до даних, архівування параметрів, побудови графіків зміни величин у часі та аналізу попередніх режимів роботи. Для системи резервного електропостачання приватного будинку цього недостатньо, оскільки користувачу важливо знати не лише поточне значення напруги, а й те, як генератор працював протягом певного періоду: чи виникали перевантаження, чи змінювалася частота, чи не було ознак перегрівання, скільки часу генератор працював і який орієнтовний запас палива залишався. Саме тому в цій роботі генератор розглядається не як об'єкт глибокої конструктивної модернізації, а як технічна система, до якої додаються засоби вимірювання, передавання та візуалізації даних. Такий підхід є більш доцільним для побутового резервного електропостачання, оскільки він не передбачає зміни основної конструкції генератора, втручання в роботу

двигуна або перероблення заводських вузлів. Інформаційно-вимірювальна система повинна лише знімати необхідні параметри, передавати їх до платформи Smart-Maіc і відображати у зручному середовищі моніторингу. Подібна логіка використовується і в сучасних роботах з автоматизації генераторних установок, де до генератора підключаються датчики температури, рівня палива, електричних параметрів та інші засоби, а отримані дані передаються до інтерфейсу користувача для контролю в реальному часі [2].

При проектуванні системи контролю необхідно врахувати експлуатаційні та безпекові обмеження, наведені в інструкції виробника. Генератор заборонено використовувати під дощем, снігом та в умовах високої вологості; його рекомендовано встановлювати під навісом або у добре вентильованому приміщенні. Також зазначено, що генератор потрібно встановлювати на рівну тверду горизонтальну поверхню, а всі підключення до електричної мережі мають виконуватися з дотриманням електротехнічних правил. [1]

Отже, бензиновий генератор Könnner & Söhnen KS 7000 є багатопараметричним об'єктом контролю. Його робочий стан визначається не тільки вихідною напругою, а й сукупністю електричних, механічних, теплових та експлуатаційних параметрів. Для забезпечення стійкої роботи резервного електропостачання приватного будинку необхідно контролювати ці параметри в комплексі. Це створює основу для подальшого вибору структури інформаційно-вимірювальної системи, підбору датчиків і використання платформи Smart-Maіc як засобу збору, передавання, архівування та візуалізації даних. [3].

1.3 Основні параметри роботи бензинового генератора, що підлягають вимірюванню та моніторингу

Ефективний контроль роботи бензинового генератора ґрунтується на визначенні переліку параметрів, які найповніше характеризують його

електричний режим, технічний стан і готовність до подальшої роботи. Для резервного електропостачання приватного будинку важливо не лише встановити факт роботи генератора, а й оцінити, наскільки стабільно він виробляє електричну енергію, чи не перевищене допустиме навантаження, чи забезпечується нормальний тепловий режим двигуна, чи достатній запас палива для подальшої автономної роботи та чи немає ознак небезпечного або небажаного режиму. Тому параметри, що підлягають моніторингу, доцільно поділити на кілька груп: електричні, механічні, теплові та експлуатаційні.

Основними електричними параметрами генератора є вихідна напруга, частота, струм навантаження та активна потужність. Для генератора Köpner & Söhnen KS 7000 номінальна вихідна напруга становить 230 В, частота - 50 Гц, номінальна потужність - 5,0 кВт, максимальна потужність - 5,5 кВт, а максимальний струм - 23,91 А [1]. У технічних характеристиках також зазначено, що генератор має коефіцієнт потужності $\cos\varphi = 1$, систему автоматичного регулювання напруги AVR та допустиме відхилення від номінальної напруги не більше ніж 5 % [1]. Ці дані є базовими для визначення меж нормальної роботи генератора та подальшого налаштування системи моніторингу.

Вихідна напруга є одним із головних показників якості електропостачання. Її контроль потрібний для оцінювання відповідності напруги на виході генератора вимогам побутових електроприймачів. Надмірне зниження напруги може призвести до нестабільної роботи електроніки, електродвигунів, насосів або компресорів, а підвищення напруги створює ризик пошкодження чутливого обладнання. Оскільки генератор KS 7000 обладнаний системою автоматичного регулювання напруги, фактичне значення напруги все одно потребує вимірювання. Наявність AVR - automatic voltage regulator (автоматичний регулятор напруги) [ей-ві-ар] не замінює контролю, а лише зменшує ймовірність різких відхилень у нормальних умовах роботи.

Частота вихідної напруги характеризує стабільність роботи генераторної частини та приводного двигуна. Для побутових однофазних споживачів стандартним значенням є 50 Гц, тому відхилення частоти може свідчити про зміну обертів двигуна, перевантаження або нестабільну роботу паливної системи. Якщо двигун не підтримує необхідну частоту обертання, це впливає не лише на частоту напруги, а й на якість електроживлення загалом. Саме тому частота повинна відображатися в системі моніторингу разом із напругою, струмом і потужністю.

Струм навантаження дає змогу оцінити, наскільки фактичне навантаження наближене до допустимого для генератора. У випадку KS 7000 максимальний струм становить 23,91 А [1]. При збільшенні кількості підключених споживачів струм зростає, а разом із ним підвищується навантаження на двигун і генераторну частину. Для приватного будинку це особливо важливо, оскільки навантаження часто змінюється нерівномірно. Наприклад, одночасна робота холодильника, насоса, освітлення та зарядних пристроїв може не створювати критичного режиму, однак запуск електродвигуна або потужного електроінструмента може короткочасно збільшити струм. Тому контроль струму потрібний як для попередження перевантаження генератора, так і для раціонального розподілу навантаження між споживачами.

На основі вимірних значень напруги та струму може визначатися активна потужність навантаження. Для однофазного генератора з коефіцієнтом потужності, близьким до одиниці, активну потужність можна орієнтовно оцінювати за добутком напруги та струму. Контроль потужності є зручним для користувача, оскільки він показує не лише окремі електричні величини, а фактичний рівень використання генератора. Якщо генератор має номінальну потужність 5,0 кВт, то тривала робота з навантаженням, близьким до цього значення, потребує особливої уваги. У практичному середовищі моніторингу доцільно відображати не тільки потужність у кіловатах, а й відсоток завантаження від номінальної потужності.

До важливих експлуатаційних параметрів належить час роботи генератора, або мотогодини. У штатному виконанні дисплей генератора відображає мотогодини, частоту та напругу [1]. Мотогодини потрібні для планування технічного обслуговування, зокрема перевірки стану двигуна, заміни мастила, огляду повітряного фільтра та інших регламентних операцій. Для інформаційно-вимірювальної системи цей параметр має значення ще й тому, що дозволяє аналізувати тривалість використання резервного живлення, порівнювати режими роботи в різні періоди та оцінювати навантаження на генератор у часі [1].

Контроль паливних параметрів є важливим для оцінювання автономності бензинового генератора. Для генератора KS 7000 об'єм паливного бака становить 25 л, а орієнтовний час роботи при навантаженні 50 % становить близько 17 год [1]. У системі моніторингу доцільно контролювати не лише витрачений об'єм бензину, а й фактичний рівень палива в баку, оскільки саме цей параметр дає змогу користувачу оцінити запас автономної роботи генератора. Для безпосереднього визначення рівня палива може застосовуватися датчик рівня палива ДУ-04 «Аналог». Він призначений для визначення рівня бензину, дизельного палива та оливи в паливному баку і формує аналогову вихідну напругу, пропорційну до об'єму заповнення бака. Для цього датчика вказано діапазон вихідної напруги 0–10 В, напругу живлення 5–30 В, споживаний струм 10 мА, похибку вимірювання $\pm 0,25$ % і ступінь захисту корпусу не нижче IP66 [4; 5].

Використання датчика рівня палива є доцільним, оскільки він дає змогу контролювати саме фактичний залишок бензину в баку, а не лише розраховувати його за витратою. Аналоговий сигнал 0–10 В може бути поданий на аналоговий вхід модуля smart-MAIC D105-EA, після чого в середовищі моніторингу можна відображати рівень палива у відсотках, залишок палива в літрах та орієнтовний залишок часу автономної роботи. Для генератора з баком 25 л значення залишку палива може визначатися шляхом

перерахунку вихідної напруги датчика у фізичний об'єм. Детальніше порядок такого перерахунку доцільно розглянути в розділі, присвяченому вибору та підключенню вимірювальних засобів.

Додатково для контролю паливоспоживання може застосовуватися витратомір з імпульсним виходом, який встановлюється в паливну магістраль і формує імпульси відповідно до об'єму палива, що проходить через нього. У такому випадку витратомір використовується не як основний засіб визначення рівня палива в баку, а як додатковий засіб обліку витраченого об'єму бензину за певний період роботи. Для перерахунку імпульсів у фізичний об'єм необхідно враховувати ціну одного імпульсу витратоміра. Поєднання датчика рівня палива та витратоміра дає змогу отримати повнішу інформацію про паливну систему: датчик рівня показує залишок палива в баку, а витратомір дозволяє оцінити фактичне споживання бензину під час роботи генератора.

Температура двигуна або окремих його зон є параметром, який дозволяє виявити погіршення теплового режиму. Бензиновий генератор під час роботи виділяє значну кількість тепла, а вихлопна система та частини двигуна можуть сильно нагріватися. В інструкції виробника наголошено, що не можна торкатися вихлопної системи після запуску та під час роботи генератора, а також потрібно встановлювати генератор на відстані від легкозаймистих предметів [1]. Тому контроль температури має не лише діагностичне, а й безпекове значення. Підвищення температури може свідчити про перевантаження, недостатню вентиляцію, забруднення повітряного фільтра або інші несприятливі умови експлуатації.

Частота обертання двигуна також належить до параметрів, які доцільно контролювати, оскільки вона пов'язана зі стабільністю частоти вихідної напруги. Для генератора змінного струму частота напруги залежить від швидкості обертання генераторної частини. Якщо оберти двигуна знижуються під дією надмірного навантаження або нестабільної роботи паливної системи, це може призвести до відхилення частоти від номінального значення. У

практичній системі моніторингу контроль обертів дозволяє не тільки фіксувати поточний режим роботи, а й швидше виявляти причини відхилень електричних параметрів.

Окремо слід враховувати параметри аварійного та попереджувального характеру. До них належать перевищення допустимого струму, падіння або зростання напруги за встановлені межі, відхилення частоти, перегрівання двигуна, надмірна витрата палива, критично малий рівень палива в баку, малий орієнтовний залишок часу автономної роботи, тривала робота без перерви або досягнення міжсервісного інтервалу за мотогодинами. Такі параметри можуть використовуватися не лише для відображення, а й для формування повідомлень або тривог у середовищі моніторингу. У роботах з автоматизації генераторних установок підкреслюється, що система моніторингу повинна надавати користувачу дані в реальному часі та допомагати своєчасно реагувати на ненормальні показники, зокрема пов'язані з температурою, паливом та вихідною потужністю [2].

Для подальшого проектування інформаційно-вимірювальної системи важливо не лише визначити перелік контрольованих параметрів, а й встановити можливий спосіб їх отримання. Електричні величини, зокрема напруга, струм, частота, активна потужність та електрична енергія, можуть вимірюватися спеціалізованим енергомонітором. Технічні параметри, пов'язані з роботою двигуна, потребують використання додаткових давачів: температурного давача, імпульсного давача частоти обертання та засобів обліку часу роботи. Паливні параметри доцільно контролювати двома способами: за допомогою датчика рівня палива з аналоговим виходом для визначення фактичного залишку бензину в баку та, за потреби, за допомогою витратоміра з імпульсним виходом для обліку витраченого об'єму палива. Такий поділ створює основу для подальшого вибору апаратних засобів у другому розділі роботи.

Таблиця 1.3 – Основні параметри роботи бензинового генератора, що підлягають моніторингу

Параметр	Що характеризує	Можливий спосіб отримання
Вихідна напруга	Якість електроживлення споживачів і відповідність номінальному значенню 230 В	Енергомонітор smart-MAIC D101
Частота вихідної напруги	Стабільність роботи генераторної частини та приводного двигуна	Штатний дисплей генератора або окремий вимірювальний канал, якщо параметр доступний у системі моніторингу
Струм навантаження	Фактичне електричне навантаження на генератор	smart-MAIC D101 і трансформатор струму
Активна потужність	Рівень використання генератора за потужністю	Енергомонітор smart-MAIC D101 або розрахунок за його даними
Електрична енергія	Кількість електроенергії, виробленої або спожитої навантаженням за час роботи	Енергомонітор smart-MAIC D101
Температура двигуна	Тепловий стан двигуна під час роботи	Давач DS18B20 через smart-MAIC D105-EA
Температура зони біля вихлопної системи	Нагрівання найбільш гарячих частин генератора	Додатковий давач DS18B20 або інший температурний давач
Частота обертання двигуна	Стабільність роботи приводної частини генератора	Магнітний давач NJK-5002C через імпульсний вхід D105-EA
Мотогодини	Загальна тривалість роботи генератора	Облік часу роботи через smart-MAIC D105-EA або штатний дисплей генератора
Рівень палива в баку	Фактичне заповнення паливного бака генератора	Датчик рівня палива ДУ-04 “Аналог” з виходом 0–10 В через аналоговий вхід smart-MAIC D105-EA
Залишок палива	Розрахунковий об’єм бензину, що залишається в паливному баку	Перерахунок аналогового сигналу датчика рівня палива у літри з урахуванням об’єму бака 25 л
Орієнтовний залишок часу роботи	Час, протягом якого генератор може працювати з наявним запасом палива	Розрахунок за залишком палива та прийнятою середньою витратою бензину залежно від навантаження
Витрата палива	Інтенсивність споживання бензину під час роботи генератора	Розрахунок за імпульсами витратоміра за вибраний проміжок часу

Продовження таблиці 1.3

Параметр	Що характеризує	Можливий спосіб отримання
Витрачений об'єм палива	Сумарну кількість бензину, спожиту за певний період роботи генератора	Витратомір з імпульсним виходом через smart-MAIC D105-EA з урахуванням ціни імпульсу
Ознаки перевантаження	Роботу генератора з навантаженням, близьким до граничного або вищим за допустиме	Порівняння потужності та струму з допустимими межами
Аварійні та попереджувальні стани	Відхилення параметрів від нормального режиму роботи	Порівняння вимірених значень із заданими порогами

Під час вибору засобів вимірювання для зазначених параметрів необхідно враховувати не лише можливість їх технічного підключення, а й діапазон вимірювання, точність, умови експлуатації та сумісність із модулем збору даних. Для електричних параметрів важливо забезпечити безпечне вимірювання напруги та струму в однофазній мережі 230 В. Для температури необхідна достатня точність у робочому діапазоні двигуна, для частоти обертання - стабільне формування імпульсного сигналу від давача, а для паливних параметрів - правильне перетворення імпульсів витратоміра в об'єм палива. Детальний вибір відповідних модулів, давачів і схем їх підключення доцільно виконати в другому розділі роботи.

Таким чином, основні параметри роботи бензинового генератора, що підлягають вимірюванню та моніторингу, повинні відображати як якість виробленої електричної енергії, так і технічний та експлуатаційний стан самого генератора. Для генератора Könnor & Söhnen KS 7000 першочерговими є напруга 230 В, частота 50 Гц, струм навантаження до 23,91 А, потужність до 5,0 кВт у номінальному режимі, температура двигуна, частота обертання, мотогодини, рівень палива в баку, залишок палива, витрачений об'єм палива та орієнтовний залишок часу автономної роботи. Особливе значення має контроль паливних параметрів, оскільки для резервного електропостачання важливо не лише знати факт роботи генератора, а й оцінювати, скільки часу

він ще зможе працювати без дозаправлення. Тому для визначення залишку палива доцільно використовувати датчик рівня палива з аналоговим виходом, а витратомір розглядати як додатковий засіб контролю фактичного споживання бензину. Комплексне спостереження за цими параметрами створює основу для побудови інформаційно-вимірювальної системи на базі Smart-Maіc, яка має забезпечувати збір даних, їх передавання, відображення, архівування та подальший аналіз режимів роботи генератора.

1.4 Сучасні засоби та системи віддаленого моніторингу роботи генераторних установок

У сучасних системах резервного електропостачання контроль роботи генератора може виконуватися не лише за допомогою штатної панелі керування, а й через спеціалізовані засоби віддаленого моніторингу. На ринку вже існують готові рішення від фірм, які займаються контролерами, телематичними модулями та хмарними платформами для генераторних установок. Такі системи дають змогу відстежувати напругу, частоту, струм, рівень палива, мотогодини, аварійні стани та інші параметри без постійної присутності користувача біля генератора. Аналіз подібних рішень є важливим для цієї роботи, оскільки дозволяє зрозуміти загальну логіку побудови сучасної інформаційно-вимірювальної системи та адаптувати її до бензинового генератора Könnер & Söhnen KS 7000 у складі резервного електропостачання приватного будинку.

Deer Sea Electronics - британська компанія, яка спеціалізується на контролерах і засобах керування генераторними установками. Одним із її рішень є DSEWebNet - хмарне програмне забезпечення для віддаленого моніторингу контролерів DSE. За даними виробника, система підтримує роботу з одиничними та груповими генераторними установками, забезпечує перегляд параметрів у реальному часі, журнал подій, автоматичні сповіщення,

а також доступ через комп'ютер, планшет або смартфон. Таке рішення показує, що сучасний моніторинг генератора не обмежується локальним дисплеєм, а передбачає передавання даних у віддалене середовище з можливістю їх аналізу [6].



Рисунок 1.2 - Програмне забезпечення для віддаленого моніторингу DSEWebNet та контролер від фірми DSEGenSet

ComAp - компанія, яка розробляє контролери та програмні засоби для керування енергетичним обладнанням, зокрема генераторними установками. Для віддаленого спостереження за роботою обладнання використовується програмне середовище IntelliMonitor, яке призначене для онлайн-моніторингу та керування пристроями ComAp. У документації виробника зазначено, що IntelliMonitor може використовуватися для необмеженої кількості об'єктів і формує автоматизовану SCADA (система диспетчерського контролю та збору даних) [скада], що дає змогу отримати детальний огляд роботи генераторної установки [7].



Рисунок 1.3 - Програмне забезпечення для віддаленого моніторингу
IntelMonitor та контролер IntelLite 4 AMF 25

АКСР пропонує рішення для дистанційного контролю технічних параметрів генераторів і паливних систем. У таких системах можуть застосовуватися давачі потужності, напруги та струму акумулятора, лічильники мотогодин, давачі рівня палива, а також підключення до панелей керування генератора через Modbus RS-485 (протокол обміну даними через промисловий послідовний інтерфейс) [модбас ар-ес фо ейті файв] або SNMP (протокол керування мережевими пристроями) [ес-ен-ем-пі]. Пристрій **sensorProbeX+** може використовуватися як центральний модуль збору даних, що підключається до панелей ComAp або Deep Sea Electronics і дає змогу отримувати інформацію про оберти двигуна, тиск оливи, витрату палива та інші параметри [8]



Рисунок 1.4 – Контролер sensorProbe2+ (SP2+B / SP2+E)

Technoton / UNUM Genset розробляє апаратно-програмні рішення для віддаленого моніторингу генераторних установок, особливо там, де важливо контролювати витрату палива та роботу обладнання на віддалених об'єктах. Система UNUM Genset поєднує бортове обладнання та хмарне програмне забезпечення, а серед її можливостей заявлено моніторинг електричних і двигунних параметрів, стану генератора, місця розташування, аварій і надзвичайних режимів. У практичному рішенні Technoton використовуються витратоміри палива DFM D і телематичні шлюзи CANUp Genset, а електричні параметри можуть передаватися від контролера генератора через інтерфейс RS-485 за протоколом Modbus [9].

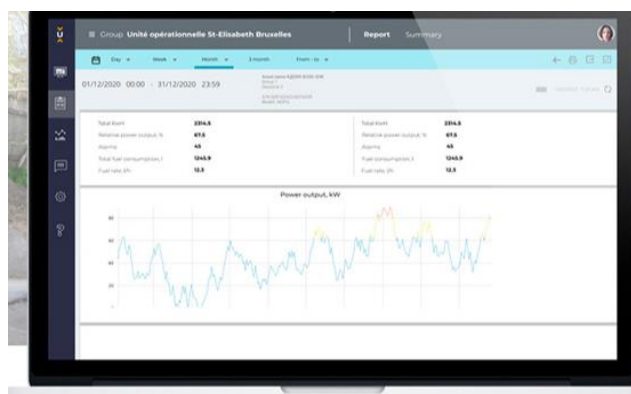


Рисунок 1.5 – Програмне забезпечення для віддаленого моніторингу UNUM GENSET

Наведені приклади показують, що більшість сучасних систем віддаленого моніторингу має подібну структуру: генераторна установка, давачі або штатний контролер, модуль збору даних, канал передавання інформації та програмне середовище для візуалізації. У даній бакалаврській роботі ця логіка адаптується до меншої за масштабом задачі - контролю одного бензинового генератора Könnert & Söhnen KS 7000 у системі резервного електропостачання приватного будинку. Тому платформа Smart-Maіc розглядається як практична основа для збору, передавання, відображення та архівування параметрів роботи генератора.

1.5 Постановка задачі на виконання бакалаврської роботи

Проведений аналіз показав, що бензиновий генератор у системі резервного електропостачання приватного будинку є складним електромеханічним об'єктом, робота якого залежить від сукупності електричних, механічних, теплових та експлуатаційних параметрів. Для генератора Könnert & Söhnen KS 7000 основними контрольованими величинами є вихідна напруга, частота, струм навантаження, потужність, рівень палива, мотогодини, температура двигуна та параметри, які характеризують стабільність його роботи. Згідно з технічною документацією, дана модель має номінальну потужність 5,0 кВт, максимальну потужність 5,5 кВт, вихідну напругу 230 В, частоту 50 Гц, максимальний струм 23,91 А, паливний бак об'ємом 25 л і час роботи близько 17 год при навантаженні 50 % [1]. Штатні засоби контролю генератора забезпечують лише базову локальну індикацію. Зокрема, LED-дисплей генератора відображає мотогодини, частоту та напругу [1]. Такий підхід є достатнім для короткочасного огляду установки, але не забезпечує повноцінного віддаленого моніторингу, архівування показників, аналізу зміни параметрів у часі та формування зрозумілих попереджень для користувача. Для резервного електропостачання приватного

будинку це є суттєвим обмеженням, оскільки генератор зазвичай встановлюється поза житловим приміщенням, а постійний фізичний доступ до нього під час роботи не завжди є зручним і безпечним.

Необхідність розроблення інформаційно-вимірювальної системи також пов'язана з вимогами безпеки експлуатації бензинового генератора. В інструкції виробника зазначено, що генератор не можна використовувати під дощем, снігом та в умовах високої вологості, а зберігати і застосовувати його рекомендовано під навісом або у добре вентильованому місці. Також наголошено, що правильний монтаж електричної проводки для підведення резервної потужності має виконувати кваліфікований електрик відповідно до електротехнічних правил [1]. Це підтверджує, що система контролю повинна не ускладнювати експлуатацію генератора, а навпаки - підвищувати зручність і безпечність його використання.

З урахуванням цього задачею бакалаврської роботи є розроблення інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора Könnor & Söhnen KS 7000 для забезпечення стійкої роботи резервного електропостачання приватного будинку. Розроблювана система повинна забезпечувати збирання основних параметрів генератора, передавання даних до середовища моніторингу, їх відображення у зручній для користувача формі, а також можливість подальшого архівування та аналізу режимів роботи. При цьому генератор розглядається не як об'єкт конструктивної переробки, а як штатна генераторна установка, до якої додаються засоби вимірювання, передавання та візуалізації даних. Основою системи прийнято використати платформу Smart-Maic, яка в даній роботі розглядається як центральний елемент збору, передавання та відображення вимірювальної інформації. Через неї доцільно організувати контроль електричних параметрів генератора, а за допомогою додаткових датчиків - отримувати дані про технічний стан установки, зокрема температуру двигуна, частоту обертання та рівень палива. Такий підхід дозволяє поєднати контроль

якості виробленої електроенергії з оцінюванням фактичного стану самого генератора.

Для досягнення поставленої мети в бакалаврській роботі необхідно розв'язати такі основні задачі: проаналізувати бензиновий генератор як об'єкт інформаційно-вимірювального контролю; визначити перелік параметрів, які мають вимірюватися та відображатися в системі моніторингу; розглянути сучасні засоби віддаленого контролю генераторних установок; розробити структурну побудову інформаційно-вимірювальної системи; обґрунтувати використання платформи Smart-Maic; підібрати давачі для контролю електричних і технічних параметрів; розробити принципову схему підключення елементів системи; сформувати середовище відображення і візуалізації даних; оцінити працездатність запропонованої системи. У процесі виконання цих задач потрібно враховувати не лише технічні характеристики генератора, а й загальні вимоги до кваліфікаційної бакалаврської роботи. Методичні вказівки зазначають, що кваліфікаційна робота має бути спрямована на розв'язання спеціалізованої задачі або практичної проблеми, а її виконання повинно поєднувати теоретичні знання з практичними навичками [29]. Саме цим вимогам відповідає обрана тема, оскільки вона поєднує аналіз генераторної установки, вибір засобів вимірювання, побудову апаратної частини та створення середовища візуалізації даних. У результаті робота повинна мати не лише описовий, а й проєктний характер, тобто завершуватися конкретним технічним рішенням для контролю роботи генератора.

Очікуваним результатом роботи є структура інформаційно-вимірювальної системи, яка дає змогу контролювати роботу бензинового генератора KS 7000 у режимі резервного електропостачання приватного будинку. Система повинна забезпечити користувачу доступ до основних показників роботи генератора, зменшити потребу в постійному візуальному контролі біля установки та створити основу для подальшого вдосконалення, наприклад додавання автоматичних повідомлень, розширеної діагностики або

прогнозування необхідності технічного обслуговування. Таким чином, постановка задачі полягає у переході від простого локального спостереження за генератором до комплексного інформаційно-вимірювального моніторингу його роботи.

1.6 Висновок до Розділу 1

У першому розділі було проаналізовано бензиновий генератор як об'єкт контролю інформаційно-вимірювальної системи резервного електропостачання приватного будинку. Встановлено, що бензиновий генератор не можна оцінювати лише за фактом наявності напруги на виході, оскільки його робочий стан визначається сукупністю електричних, технічних, теплових, механічних, паливних та експлуатаційних параметрів. Для забезпечення стійкої роботи резервного електропостачання необхідно контролювати не тільки напругу, струм і потужність, а й температуру двигуна, частоту обертання, мотогодини, рівень палива та орієнтовний залишок часу автономної роботи.

У роботі як об'єкт контролю обрано бензиновий генератор Köpner & Söhnen KS 7000, який має номінальну потужність 5,0 кВт, максимальну потужність 5,5 кВт, вихідну напругу 230 В, частоту 50 Гц, максимальний струм 23,91 А, паливний бак об'ємом 25 л і орієнтовний час роботи близько 17 год при навантаженні 50 % [1]. Такі характеристики підтверджують доцільність його використання як резервного джерела живлення для основних споживачів приватного будинку, але водночас показують необхідність постійного контролю навантаження, технічного стану двигуна та запасу палива.

У результаті аналізу визначено основні групи параметрів, які підлягають моніторингу. До електричних параметрів належать вихідна напруга, струм навантаження, активна потужність, електрична енергія та, за можливості, частота вихідної напруги. До технічних і механічних параметрів належать температура двигуна та частота обертання, які дають змогу оцінити стан приводної частини генератора. До експлуатаційних параметрів належать мотогодини, стан роботи генератора та аварійні або попереджувальні стани.

Окрему увагу приділено паливним параметрам, оскільки від них залежить автономність роботи генератора під час тривалих відключень електроенергії. Для контролю паливної частини доцільно передбачити два різні підходи. Основним засобом визначення запасу бензину в баку є датчик рівня палива з аналоговим виходом, який дозволяє отримувати інформацію про фактичний рівень палива та перераховувати її у відсотки, літри і орієнтовний залишок часу роботи. Витратомір з імпульсним виходом може використовуватися як додатковий засіб для обліку витраченого об'єму палива та аналізу паливоспоживання за певний період. Такий поділ є доцільним, оскільки датчик рівня палива показує фактичний залишок у баку, а витратомір характеризує споживання палива під час роботи генератора.

Також у розділі розглянуто сучасні засоби віддаленого моніторингу генераторних установок. Аналіз подібних рішень показав, що сучасні системи контролю зазвичай мають спільну структуру: генераторна установка, вимірювальні датчі або штатний контролер, модуль збору даних, канал передавання інформації та програмне середовище для відображення й аналізу параметрів. Така логіка може бути адаптована до задачі контролю бензинового генератора Könniger & Söhnen KS 7000 у складі резервного електропостачання приватного будинку.

Отже, у першому розділі обґрунтовано необхідність розроблення інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора. Визначено перелік параметрів, які потрібно контролювати, обґрунтовано важливість віддаленого моніторингу та показано, що для побудови такої системи необхідно використати енергомонітор для електричних параметрів, датчі технічного стану двигуна, засоби контролю паливної системи та програмне середовище для візуалізації, архівування і аналізу даних. Отримані результати є основою для подальшого вибору апаратних засобів, побудови структурної та принципової схем інформаційно-вимірювальної системи в наступному розділі.

РОЗДІЛ 2: РОЗРОБЛЕННЯ АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РОБОТИ БЕНЗИНОВОГО ГЕНЕРАТОРА

2.1 Побудова структури інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора

Розроблення апаратної частини інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора доцільно починати з побудови її загальної структури. На цьому етапі визначаються основні функціональні блоки системи, порядок проходження вимірювальної інформації та взаємозв'язок між об'єктом контролю, давачами, вимірювальними модулями, каналом передавання даних і середовищем відображення. У даній роботі об'єктом контролю є бензиновий генератор Könniger & Söhnen KS 7000, який використовується як джерело резервного електропостачання приватного будинку. Його робота характеризується не одним окремим параметром, а сукупністю електричних, теплових, механічних та паливно-експлуатаційних величин, тому система контролю повинна мати комплексну структуру [1].

Основна ідея побудови системи полягає в тому, що генератор залишається штатним джерелом електричної енергії, а до нього додатково підключаються зовнішні засоби вимірювання, які не змінюють принцип його роботи. У межах бакалаврської роботи не передбачається конструктивна переробка двигуна, генераторної частини або заводської системи автоматичного регулювання напруги. Інформаційно-вимірювальна система повинна виконувати допоміжну функцію: знімати необхідні параметри, передавати їх до модулів збору даних, відображати у зручному середовищі та забезпечувати можливість подальшого аналізу. Такий підхід є доцільним для приватного будинку, оскільки дозволяє підвищити зручність і безпеку експлуатації генератора без втручання в його основні вузли [1; 10].

У розроблюваній системі комплексний контроль роботи генератора передбачається реалізувати за допомогою трьох основних модулів платформи Smart-Maic. Для вимірювання електричних параметрів генератора використовується енергомонітор smart-MAIC D101. Для приймання сигналів від датчика температури, магнітного датчика частоти обертання та формування мотогодин застосовується перший модуль smart-MAIC D105-EA. Для контролю паливних параметрів генератора передбачається використання другого модуля smart-MAIC D105-EA, до якого підключаються датчик рівня палива з аналоговим виходом та витратомір з імпульсним виходом. Таке рішення дозволяє розділити електричні, технічні та паливно-експлуатаційні параметри між окремими каналами збору даних і спростити подальше налаштування системи [4; 5; 11; 12; 13].

Структура системи формується за послідовним принципом проходження інформації: бензиновий генератор як об'єкт контролю - датчик та вимірювальні перетворювачі - модулі збору і первинної обробки даних smart-MAIC D101 та smart-MAIC D105-EA - канал передавання інформації - середовище відображення Smart-Maic Dashboard - користувач. При цьому електричні параметри надходять до системи через smart-MAIC D101, технічні параметри двигуна - через перший модуль D105-EA, а паливні параметри - через другий модуль D105-EA. Така побудова відповідає загальній логіці сучасних систем віддаленого моніторингу, у яких дані спочатку отримуються від технічного об'єкта, далі перетворюються у придатний для опрацювання сигнал, після чого передаються у програмне середовище для візуалізації та архівування [10].

Першим функціональним блоком системи є бензиновий генератор Köpner & Söhnen KS 7000. За технічною документацією він має номінальну потужність 5,0 кВт, максимальну потужність 5,5 кВт, вихідну напругу 230 В, частоту 50 Гц, максимальний струм 23,91 А, паливний бак об'ємом 25 л і бензиновий чотиритактний двигун KS 390 [1]. Для інформаційно-

вимірювальної системи ці характеристики мають практичне значення, оскільки саме вони визначають межі вимірювання електричних параметрів, допустимий рівень навантаження, орієнтовну тривалість автономної роботи та перелік величин, які потрібно контролювати під час експлуатації генератора. У запропонованій структурі генератор розглядається не лише як джерело напруги, а як технічний об'єкт, що формує електричні, теплові, механічні та паливно-експлуатаційні параметри.

Другим функціональним блоком є давачі та вимірювальні перетворювачі. Їхнє завдання полягає у перетворенні фізичних величин у сигнали, придатні для подальшого зчитування модулями збору даних. До електричних параметрів належать напруга, струм, активна потужність та електрична енергія. Вони характеризують якість резервного електропостачання і фактичне навантаження генератора. Теплові параметри визначаються за допомогою температурного давача, встановленого на контрольній ділянці двигуна. Механічні параметри пов'язані з частотою обертання двигуна, яка може визначатися за імпульсами від магнітного давача. Паливно-експлуатаційні параметри формуються за даними засобів контролю паливної системи. Для безпосереднього визначення рівня палива в баку використовується датчик рівня палива ДУ-04 "Аналог" з аналоговим виходом 0–10 В, сигнал якого надходить на аналоговий вхід другого модуля smart-MAIC D105-EA. Додатково для обліку витраченого об'єму бензину може використовуватися витратомір OF05ZAT G1/2 DN15 з імпульсним виходом, підключений до імпульсного входу Ch1 цього самого модуля. Такий підхід дає змогу розділити контроль фактичного залишку палива в баку та облік спожитого палива за період роботи генератора [4; 5; 12; 13].

Третім функціональним блоком є модулі збору та первинної обробки даних Smart-Maic. У розроблюваній системі цей блок складається з енергомонітора smart-MAIC D101 і двох модулів smart-MAIC D105-EA. Енергомонітор D101 приймає дані про напругу, струм, активну потужність та

електричну енергію генераторної лінії. Перший модуль D105-EA використовується для приймання сигналів від температурного датчика DS18B20, магнітного датчика NJK-5002C та каналу обліку часу роботи генератора. Другий модуль D105-EA призначений для приймання сигналів паливної частини системи. До його аналогового входу підключається датчик рівня палива ДУ-04 “Аналог”, який формує сигнал 0–10 В залежно від заповнення паливного бака. До імпульсного входу Ch1 цього самого модуля може підключатися витратомір OF05ZAT G1/2 DN15, який формує імпульси відповідно до об’єму палива, що проходить через паливну магістраль. Отже, другий D105-EA забезпечує збір даних про рівень палива, розрахунковий залишок палива, орієнтовний час автономної роботи та витрачений об’єм бензину [4; 5; 11; 12; 13].

Використання двох модулів D105-EA є доцільним з огляду на різний характер сигналів, які надходять від датчиків, та необхідність розмежування технічних і паливних параметрів. Перший модуль зосереджується на контролі стану двигуна, зокрема температури, частоти обертання та мотогодин. Другий модуль використовується для паливної частини системи, де одночасно можуть використовуватися аналоговий сигнал від датчика рівня палива та імпульсний сигнал від витратоміра. Такий поділ полегшує монтаж, зменшує ризик помилок під час підключення, спрощує налаштування каналів у Smart-Maіc Dashboard і робить структуру системи більш зрозумілою для подальшого аналізу [12].

Канал передавання даних забезпечує зв’язок між модулями збору інформації та середовищем відображення. Його призначення полягає у передаванні вимірних і розрахункових параметрів до програмного середовища, де вони можуть бути представлені користувачу у зрозумілій формі. На цьому етапі важливо забезпечити стабільність передавання даних, оскільки втрата або затримка інформації зменшує практичну цінність системи моніторингу. Для резервного електропостачання приватного будинку це

особливо важливо під час тривалих відключень, коли користувач повинен бачити реальний стан генератора, рівень навантаження, температуру двигуна, рівень палива, орієнтовний залишок часу роботи та можливі відхилення від нормального режиму [10].

Останнім функціональним блоком є середовище Smart-Maic Dashboard, через яке користувач отримує доступ до результатів контролю. У цьому середовищі доцільно відображати поточні значення напруги, струму, потужності, температури двигуна, частоти обертання, мотогодин, рівня палива, залишку палива, орієнтовного залишку часу автономної роботи та витраченого об'єму бензину. Крім поточних значень, важливим є відображення графіків зміни параметрів у часі, оскільки вони дозволяють оцінити не лише миттєвий стан генератора, а й характер його роботи протягом певного періоду. Наприклад, за графіком навантаження можна визначити, коли генератор працював у найбільш напруженому режимі, за температурними даними - чи не було поступового перегрівання під час тривалої роботи, а за паливними даними - як змінювався рівень палива в баку та скільки часу генератор міг працювати без дозаправлення [10].

Узагальнену структуру інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора наведено на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 - Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора

У запропонованій структурі важливою є не тільки наявність окремих давачів, а й правильна організація потоку інформації. Вимірювальні сигнали повинні надходити до системи у такому вигляді, щоб їх можна було використати для відображення, аналізу і формування попереджень. Наприклад, вимірювання температури має практичну цінність лише тоді, коли воно пов'язане з допустимим діапазоном і відображається користувачу в динаміці. Так само контроль струму стає більш інформативним, коли на його основі визначається фактичне завантаження генератора у відсотках від номінальної потужності. Аналоговий сигнал датчика рівня палива потрібно перетворювати у відсоток заповнення бака та залишок палива в літрах, а імпульси витратоміра доцільно використовувати окремо - для обліку витраченого об'єму бензину за певний період [1; 4; 5; 11; 12; 13].

Особливістю запропонованої системи є її орієнтація на побутове застосування. На відміну від промислових систем керування генераторними установками, де часто реалізуються складні функції автоматичного запуску, синхронізації, керування групою генераторів або інтеграції з великими енергетичними об'єктами, у даній роботі основна увага приділяється контролю одного бензинового генератора. Це дозволяє зробити систему простішою за структурою, але достатньо інформативною для користувача приватного будинку. Основними вимогами до такої системи є безпечність підключення, надійність збирання даних, зрозуміле відображення параметрів і можливість подальшого розширення.

Побудована структура є основою для подальшого підбору апаратних елементів системи. У наступних підпунктах необхідно детальніше розглянути платформу Smart-Maіc як засіб збору та опрацювання інформації, а також підібрати засоби вимірювання для кожної групи параметрів генератора. Запропонована структура дозволяє розмежувати функції паливного контролю: датчик рівня палива забезпечує визначення фактичного залишку бензину в баку, а витратомір з імпульсним виходом може використовуватися для

додаткового обліку витраченого об'єму палива. Такий порядок розроблення є логічним, оскільки спочатку визначається загальна архітектура системи, а вже потім обґрунтовується вибір конкретних модулів, давачів і схемних рішень. У результаті інформаційно-вимірювальна система повинна забезпечити перехід від простого локального контролю генератора до повноцінного моніторингу його роботи в режимі резервного електропостачання приватного будинку.

2.2 Підбір системи збору і опрацювання інформації. Використання платформи Smart-Maіc в інформаційно-вимірювальній системі

Після визначення загальної структури інформаційно-вимірювальної системи необхідно обґрунтувати вибір її апаратно-програмної основи, яка забезпечуватиме приймання, первинне опрацювання, передавання та подальше відображення вимірювальної інформації. У розроблюваній системі такою основою є платформа Smart-Maіc, яка використовується для збору даних з бензинового генератора K nner & Söhnen KS 7000 та передавання їх у середовище моніторингу. Саме через цю платформу окремі сигнали від вимірювальних засобів перетворюються на впорядковану інформацію, придатну для перегляду користувачем, архівування та подальшого аналізу [10].

У межах цієї бакалаврської роботи Smart-Maіc розглядається не як один окремий допоміжний пристрій, а як модульна платформа, що дає змогу об'єднати кілька груп параметрів генератора в єдиній системі моніторингу. До системи повинні надходити дані про електричні параметри генератора, зокрема напругу, струм, активну потужність та електричну енергію. Крім того, система має приймати сигнали від засобів контролю технічного стану двигуна, частоти обертання, часу роботи та паливно-експлуатаційних параметрів. Такий підхід дозволяє об'єднати в одному середовищі параметри різної

фізичної природи, що є важливим для контролю бензинового генератора як складного електромеханічного об'єкта.

Для реалізації системи моніторингу обрано поєднання трьох пристроїв платформи Smart-Maіc: енергомонітора smart-MAIC D101 та двох модулів smart-MAIC D105-EA. Енергомонітор D101 використовується для контролю електричних параметрів генератора. Він забезпечує отримання даних про напругу, струм, активну потужність, електричну енергію та коефіцієнт потужності, тобто про ті величини, які характеризують якість резервного електропостачання і фактичне навантаження на генератор [11]. Частота вихідної напруги також належить до важливих параметрів генератора, однак у межах цієї системи її доцільно розглядати як параметр, що може контролюватися штатним індикатором генератора або окремим вимірювальним каналом за наявності відповідної можливості в системі моніторингу.

Перший модуль smart-MAIC D105-EA призначений для приймання сигналів від засобів контролю технічного стану двигуна. До нього передбачається підключення температурного датчика, імпульсного датчика частоти обертання та каналу обліку часу роботи генератора. У такій конфігурації цей модуль відповідає за параметри, які безпосередньо пов'язані з роботою двигуна: тепловий режим, механічний режим і мотогодини. Конкретний вибір температурного датчика та датчика частоти обертання буде обґрунтовано в наступних підпунктах розділу [12].

Другий модуль smart-MAIC D105-EA використовується для контролю паливно-експлуатаційних параметрів генератора. До його аналогового входу передбачається підключення датчика рівня палива ДУ-04 «Аналог», який формує вихідний сигнал 0–10 В залежно від заповнення паливного бака. На основі цього сигналу в системі можна визначати рівень палива у відсотках, розрахунковий залишок бензину в літрах та орієнтовний залишок часу автономної роботи генератора. Додатково до імпульсного входу Ch1 цього

самого модуля може бути підключений витратомір OF05ZAT G1/2 DN15, який формує імпульси відповідно до об'єму палива, що проходить через паливну магістраль. У такій структурі датчик рівня палива є основним засобом визначення фактичного залишку бензину в баку, а витратомір використовується як додатковий засіб обліку витраченого об'єму палива за певний період роботи [4; 5; 12; 13].

Застосування двох модулів D105-EA пояснюється необхідністю розмежування різних груп сигналів. Перший модуль працює з технічними параметрами двигуна, а другий - з паливно-експлуатаційними параметрами. При цьому паливна частина системи має два різні типи сигналів: аналоговий сигнал від датчика рівня палива та імпульсний сигнал від витратоміра. Такий підхід спрощує монтаж, зменшує ризик неправильного підключення, полегшує налаштування каналів у Smart-Maіc Dashboard і дозволяє чітко групувати дані за призначенням. Крім того, модульна структура системи створює можливість подальшого розширення, наприклад додавання нових датчиків, попереджувальних сигналів або додаткових функцій діагностики.

Основна функція платформи Smart-Maіc у розроблюваній системі полягає у зборі вимірювальної інформації від датчиків і вимірювальних перетворювачів. На цьому етапі система повинна приймати сигнали, які відповідають контрольованим параметрам генератора, та готувати їх для подальшого передавання. До таких параметрів належать електричні величини, які характеризують якість резервного електропостачання, а також технічні й паливно-експлуатаційні показники, що дають змогу оцінити стан двигуна, тривалість роботи, запас палива та можливість подальшої автономної експлуатації генератора. У практичному застосуванні це означає, що користувач повинен мати змогу бачити не тільки факт роботи генератора, а й конкретні значення параметрів, які впливають на стабільність і безпеку електропостачання.

Важливою вимогою до системи збору інформації є можливість роботи з різними групами вимірювальних сигналів. Електричні параметри генератора повинні надходити від вимірювального модуля, який забезпечує безпечне зняття інформації з силового кола. Теплові параметри формуються температурним давачем, встановленим у контрольній зоні двигуна. Механічні параметри визначаються через контроль частоти обертання за імпульсним сигналом. Паливно-експлуатаційні параметри формуються двома способами: фактичний рівень палива в баку визначається за аналоговим сигналом датчика рівня палива, а витрачений об'єм бензину може визначатися за імпульсами від витратоміра. Тому система збору інформації повинна бути достатньо гнучкою, щоб приймати дані з кількох джерел і передавати їх в одному середовищі моніторингу.

Первинне опрацювання даних є ще однією важливою функцією платформи Smart-Maіc. Вимірювальні сигнали, які надходять від давачів, не завжди можна безпосередньо використати для відображення користувачу. Їх потрібно привести до зручного вигляду, перетворити у фізичні одиниці, усереднити або перевірити за допустимими межами. Наприклад, значення струму навантаження доцільно використовувати не лише як окремий показник в амперах, а й для розрахунку активної потужності та відсотка завантаження генератора. Аналоговий сигнал 0–10 В від датчика рівня палива потрібно перетворювати у відсоток заповнення бака та залишок палива в літрах. На основі цього залишку може визначатися орієнтовний час автономної роботи генератора. Імпульси від витратоміра доцільно використовувати окремо - для обліку витраченого об'єму палива за певний період. Дані температурного контролю можуть використовуватися для формування попередження про небажаний тепловий режим двигуна [4; 5; 11; 12; 13].

Для зручності обґрунтування вибору системи збору та опрацювання інформації основні вимоги до неї наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Вимоги до системи збору та опрацювання інформації

Вимога до системи	Пояснення для розроблюваної інформаційно-вимірювальної системи
Приймання даних від засобів вимірювання	Система повинна отримувати дані про електричні, теплові, механічні та паливно-експлуатаційні параметри генератора
Розмежування груп параметрів	Електричні параметри передаються через D101, технічні параметри двигуна - через перший D105-EA, паливні параметри - через другий D105-EA
Первинне опрацювання сигналів	Необхідне для перетворення сигналів у зручні фізичні величини: напругу, струм, потужність, температуру, оберти, рівень палива та витрачений об'єм палива
Передавання даних до середовища моніторингу	Користувач повинен мати доступ до параметрів генератора без постійного перебування біля установки
Відображення поточних параметрів	Система має показувати напругу, струм, потужність, електричну енергію, температуру, оберти, мотогодини, рівень палива, залишок палива та залишок часу роботи
Архівування та аналіз даних	Необхідні для оцінювання роботи генератора за певний період і виявлення повторюваних відхилень
Можливість розширення	У майбутньому система може бути доповнена новими давачами, повідомленнями або додатковими функціями діагностики

Використання Smart-Maіc є доцільним, оскільки ця платформа дозволяє побудувати систему моніторингу без створення повністю саморобного комплексу з нуля. Альтернативним варіантом могла б бути розробка системи на основі мікроконтролера або одноплатного комп'ютера, наприклад Arduino - платформа для створення електронних пристроїв [ардуіно] чи Raspberry Pi - одноплатний комп'ютер [разбері пай]. Такі рішення дають значну гнучкість, однак потребують самостійного програмування, налаштування каналів

передавання даних, створення інтерфейсу користувача, організації архівування та перевірки стабільності роботи всієї системи. Для бакалаврської роботи та практичного застосування в приватному будинку більш доцільним є використання готової платформи, яка вже орієнтована на збір, передавання та візуалізацію параметрів [10].

Окремою перевагою використання Smart-Maіc є те, що система може бути реалізована без глибокого втручання в конструкцію генератора. Це важливо, оскільки генератор Könnner & Söhnen KS 7000 розглядається як штатний технічний пристрій, а не як об'єкт повної переробки. Засоби вимірювання мають підключатися так, щоб не порушувати роботу двигуна, генераторної частини, системи AVR - automatic voltage regulator (автоматичний регулятор напруги) [ей-ві-ар] та штатних захистів. Smart-Maіc у такій структурі виконує роль зовнішнього інформаційного вузла, який збирає дані про роботу генератора і передає їх до середовища моніторингу, не змінюючи основного принципу функціонування установки [1; 10].

Передавання інформації до Smart-Maіc Dashboard дозволяє забезпечити зручне відображення контрольованих параметрів. У середовищі моніторингу доцільно передбачити відображення поточних значень напруги, струму, активної потужності, електричної енергії, температури двигуна, частоти обертання, мотогодин, рівня палива, залишку палива, орієнтовного залишку часу автономної роботи та витраченого об'єму бензину. При цьому рівень палива і залишок палива формуються на основі аналогового сигналу від датчика рівня палива, а витрачений об'єм бензину може визначатися додатково за імпульсами витратоміра. Крім поточних показників, важливе значення має візуалізація зміни параметрів у часі. Наприклад, графік навантаження дає змогу оцінити, коли генератор працював у найбільш інтенсивному режимі, графік температури може показати поступове нагрівання під час тривалої роботи, а паливні дані можуть використовуватися

для аналізу зміни рівня палива та оцінювання тривалості подальшої автономної роботи [10].

Для системи резервного електропостачання приватного будинку важливо, щоб інформація була подана зрозуміло для користувача. Надмірно складне відображення параметрів може ускладнити практичне використання системи. Тому Smart-Maic Dashboard доцільно налаштовувати так, щоб основні показники були згруповані за змістом: електричні параметри, технічний стан двигуна, паливні параметри та тривалість роботи. У такому випадку користувач швидко бачить, чи працює генератор стабільно, чи не перевищене навантаження, чи не зростає температура двигуна, чи достатній запас палива в баку і чи немає ознак небажаного режиму. Це особливо важливо під час тривалих відключень електроенергії, коли генератор може працювати кілька годин поспіль.

Таким чином, платформа Smart-Maic у розроблюваній інформаційно-вимірювальній системі виконує роль основи для збору, первинного опрацювання, передавання та відображення даних. Її використання дозволяє об'єднати інформацію від різних датчиків і вимірювальних перетворювачів, забезпечити моніторинг основних параметрів генератора та створити основу для архівування і подальшого аналізу. У поєднанні з енергомонітором smart-MAIC D101, двома модулями smart-MAIC D105-EA та відповідними засобами вимірювання електричних, теплових, механічних і паливно-експлуатаційних параметрів платформа дає змогу реалізувати систему контролю роботи бензинового генератора Könnert & Söhne KS 7000, придатну для використання у складі резервного електропостачання приватного будинку. У цій структурі датчик рівня палива використовується для визначення фактичного залишку бензину в баку, а витратомір може застосовуватися як додатковий засіб контролю витраченого об'єму палива.

2.3 Підбір давачів інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора

У розроблюваній інформаційно-вимірювальній системі вирішено використовувати платформу Smart-Maіc як основну базу для збору, передавання, відображення та архівування даних про роботу бензинового генератора Könnner & Söhnen KS 7000. Оскільки один універсальний модуль не забезпечує зручного одночасного контролю всіх необхідних параметрів генератора, вимірювальну частину системи доцільно побудувати на кількох функціональних пристроях цієї екосистеми. Для контролю електричних параметрів генератора використовується smart-MAIC D101, який призначений для вимірювання напруги, струму, активної потужності, електричної енергії та коефіцієнта потужності в однофазній мережі [11]. Для збирання додаткових параметрів технічного стану двигуна застосовується перший модуль smart-MAIC D105-EA, який може працювати з температурними, аналоговими, імпульсними та іншими низьковольтними сигналами від давачів [12]. Окремо для паливно-експлуатаційних параметрів передбачається використання другого модуля smart-MAIC D105-EA, до аналогового входу якого може підключатися датчик рівня палива ДУ-04 «Аналог» з вихідним сигналом 0–10 В, а до імпульсного входу Ch1 - витратомір OF05ZAT G1/2 DN15 з імпульсним виходом [4; 5; 12; 13].

Такий поділ є технічно обґрунтованим, оскільки контрольовані параметри мають різну фізичну природу та різні вимоги до способу вимірювання. Напруга, струм, частота, потужність і електрична енергія належать до електричних величин силового кола 230 В, тому для їх контролю доцільно застосовувати спеціалізований енергомонітор. Температура двигуна, частота обертання, мотогодини та сигнали стану належать до технічних параметрів роботи генератора і можуть передаватися через низьковольтні входи модуля D105-EA. Паливні параметри мають окрему логіку

вимірювання, оскільки рівень палива доцільно визначати за аналоговим сигналом датчика рівня палива, а витрачений об'єм бензину - за імпульсами витратоміра. На основі рівня палива можна визначати фактичний залишок бензину в баку та орієнтовний залишок часу автономної роботи. Тому використання окремого модуля D105-EA для паливної частини спрощує підключення, налаштування каналів і подальше відображення даних у середовищі моніторингу.

У цій структурі smart-MAIC D101 виконує функцію спеціалізованого енергомонітора, перший smart-MAIC D105-EA - функцію універсального модуля збору даних від засобів контролю технічного стану двигуна, а другий smart-MAIC D105-EA - функцію модуля для обліку паливно-експлуатаційних параметрів. При цьому всі пристрої працюють у межах однієї платформи Smart-Maic, тому отримані дані можуть передаватися до Smart-Maic Dashboard і відображатися в одному середовищі моніторингу [10]. У подальших підпунктах підбір засобів вимірювання здійснюється саме з урахуванням такої структури: спочатку розглядаються електричні параметри генератора, для яких використовується smart-MAIC D101, далі - технічні параметри двигуна, що передаються через перший smart-MAIC D105-EA, а окремо - паливно-експлуатаційні параметри, які передбачається отримувати через другий smart-MAIC D105-EA. До цього модуля підключається датчик рівня палива ДУ-04 «Аналог» для визначення фактичного залишку бензину в баку, а також витратомір OF05ZAT G1/2 DN15 для додаткового обліку витраченого об'єму палива.

2.3.1 Засоби вимірювання електричних параметрів генератора

Електричні параметри є основною групою величин, які підлягають контролю в інформаційно-вимірювальній системі бензинового генератора. Саме вони показують, чи забезпечує генератор необхідну якість резервного

електропостачання приватного будинку, чи не перевищене допустиме навантаження та чи стабільно працює генераторна частина. Для генератора Köpner & Söhnen KS 7000 основними електричними параметрами є вихідна напруга, частота вихідної напруги, струм навантаження, активна потужність, спожита електрична енергія та коефіцієнт потужності. Контроль цих величин є необхідним, оскільки саме вони характеризують як якість електроенергії, так і фактичний режим роботи генератора під навантаженням [1].

Таблиця 2.2 - Електричні параметри генератора KS 7000, що контролюються за допомогою smart-MAIC D101

Контрольований параметр	Значення / характеристика для генератора KS 7000	Призначення контролю
Вихідна напруга	230 В	Контроль стабільності напруги та відповідності параметрам живлення побутових споживачів
Частота вихідної напруги	50 Гц	Оцінювання стабільності роботи генераторної частини та приводного двигуна
Струм навантаження	Максимальний струм - 23,91 А	Контроль фактичного навантаження генератора та попередження перевантаження
Активна потужність	Номінальна потужність - 5,0 кВт; максимальна - 5,5 кВт	Визначення рівня завантаження генератора у кВт та у відсотках від номінальної потужності
Спожита активна енергія	Накопичувальний параметр за час роботи генератора	Аналіз кількості електроенергії, виробленої або спожитої навантаженням під час роботи генератора
Коефіцієнт потужності	Характеризує тип підключеного навантаження	Оцінювання характеру навантаження, зокрема наявності споживачів з електродвигунами або імпульсними блоками живлення

Для контролю наведених електричних параметрів у роботі передбачається використання енергомонітора smart-MAIC D101, оскільки цей пристрій призначений для роботи в однофазній мережі та за своїми функціональними можливостями відповідає параметрам досліджуваного генератора. Генератор Köpner & Söhnen KS 7000 має однофазний вихід 230 В, частоту 50 Гц і максимальний струм 23,91 А, тому застосування однофазного енергомонітора є технічно обґрунтованим. Використання smart-MAIC D101 дозволяє не встановлювати окремі прилади для вимірювання напруги, струму, потужності та електричної енергії, оскільки ці параметри можуть контролюватися одним пристроєм у межах екосистеми Smart-Maic [11; 10].

Додатковим обґрунтуванням вибору smart-MAIC D101 є відповідність його можливостей розрахованому навантаженню резервної групи споживачів приватного будинку. За результатами попереднього розрахунку робоча потужність резервної групи становить приблизно 2,12 кВт, а пікова потужність з урахуванням пускових струмів окремого обладнання - близько 4,99 кВт. Оскільки номінальна потужність генератора KS 7000 становить 5,0 кВт, а максимальна - 5,5 кВт, контроль активної потужності, струму навантаження та відсотка завантаження генератора є необхідним для запобігання роботі в режимі перевантаження. У цьому випадку D101 дозволяє не лише фіксувати поточні електричні параметри, а й оцінювати фактичний режим використання генератора під час резервного електропостачання [1; 11; 14].

У структурі інформаційно-вимірювальної системи smart-MAIC D101 виконує функцію спеціалізованого енергомонітора. Пристрій підключається до генераторної лінії та отримує дані про напругу, струм, потужність, частоту, електричну енергію і коефіцієнт потужності. Струм навантаження визначається за допомогою трансформатора струму, що дозволяє здійснювати вимірювання без прямого проходження силового струму через вимірювальний

модуль. Такий спосіб підключення є безпечнішим і зручнішим для застосування в системі резервного електропостачання приватного будинку.



Рисунок 2.2 - Енергомонітор smart-MAIC D101[11]

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики smart-MAIC D101

Вимірювання сили струму по одній фазі	50мА . . 100А
Похибка вимірів, активна енергія	±0.5%
Похибка вимірювань, напруга та струм	< 1%
Потужність навантаження на керованому виході	до 50W при напрузі 220V
Споживана потужність	< 1.2W
Бездротовий протокол зв'язку	2.4 ГГц / IEEE 802.11 (b, g, n)
Інтервал оновлення даних	5 сек
Інтервал збору даних	1 хвилина
Накопичення даних за відсутності зв'язку з сервером	до 30 діб
Встановлений робочий діапазон температури	-40 . . +70 °C
Розміри ДхВхШ	90х67х52 мм (3 DIN модулі)
Вага	0,1 кг

Наведені характеристики показують, що smart-MAIC D101 має достатній діапазон і точність для задач моніторингу однофазного бензинового генератора KS 7000. Максимальний струм генератора становить 23,91 А, тоді як діапазон вимірювання струму модуля D101 становить до 100 А, що забезпечує необхідний запас за вимірювальним діапазоном. Похибка вимірювання напруги та струму менше 1 %, а також похибка обліку активної енергії $\pm 0,5$ % є прийнятними для інформаційно-вимірювальної системи побутового резервного електропостачання. Така точність достатня для контролю навантаження, виявлення відхилень напруги, оцінювання енергоспоживання та аналізу роботи генератора в часі [11].

Отже, smart-MAIC D101 доцільно використовувати як основний засіб контролю електричних параметрів бензинового генератора. Він забезпечує вимірювання напруги, струму, частоти, активної потужності, електричної енергії та коефіцієнта потужності, тобто саме тих величин, які характеризують якість резервного електропостачання та рівень навантаження генератора. Дані, отримані від D101, у подальшому можуть використовуватися в Smart-Maіc Dashboard для відображення поточних значень, побудови графіків, оцінювання завантаження генератора та формування попереджень у разі наближення до допустимих меж [10; 11].

2.3.2 Засоби вимірювання теплових параметрів генератора

Теплові параметри бензинового генератора є важливими для оцінювання технічного стану двигуна під час роботи. Генератор Könnor & Söhnen KS 7000 працює на базі бензинового чотиритактного двигуна, тому під час тривалої роботи відбувається нагрівання корпусу двигуна, головки циліндра та зони біля вихлопної системи. Перевищення нормального температурного режиму може бути пов'язане з надмірним навантаженням, недостатньою вентиляцією, забрудненням повітряного фільтра або неправильними умовами встановлення

генератора. У межах цієї роботи доцільно контролювати не температуру охолоджувальної рідини, а температуру зовнішніх контрольних зон двигуна, оскільки для генераторів такого типу безпечніше і простіше встановити давач на поверхні корпусу або в зоні, де нагрівання найбільш показове для оцінювання роботи установки.

Для контролю температури в інформаційно-вимірювальній системі обрано цифровий давач DS18B20 у захищеному металевому корпусі. Вибір цього давача пояснюється тим, що модуль smart-MAIC D105-EA безпосередньо підтримує підключення температурних давачів типу DS18x20 через інтерфейс 1-Wire. За документацією Smart-Maіc, модуль D105 підтримує вимірювання температури давачами DS18x20 у діапазоні від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ з точністю $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а також дозволяє підключати до п'яти таких температурних давачів до одного модуля [12;15]. Це є важливою перевагою, оскільки для реалізації температурного контролю не потрібно застосовувати окремий мікроконтролер або складний перетворювач сигналу.



Рисунок 2.3 - Датчик температури DS18b20 [16]

На рисунку 2.3 наведено загальний вигляд датчика температури DS18B20 у захищеному металевому корпусі. Такий корпус є зручним для встановлення на поверхні контрольної зони генератора, оскільки він краще захищає чутливий елемент від механічних пошкоджень і дає змогу закріпити

датчик на корпусі двигуна або поблизу головки циліндра. Основні технічні характеристики датчика температури DS18B20 наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Основні технічні характеристики датчика температури DS18B20

Параметр	Значення
Назва датчика	DS18B20
Тип датчика	Цифровий температурний датчик
Тип корпусу	Захищений металевий корпус
Контрольований параметр	Температура контрольної зони генератора
Діапазон вимірювання температури	від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$
Точність вимірювання	$\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
Тип інтерфейсу	1-Wire
Напруга живлення	3,0–5,5 В
Вихідний сигнал	Цифровий
Підключення в системі	До входу температурних датчиків smart-MAIC D105-EA

Наведені характеристики показують, що датчик DS18B20 є придатним для контролю теплового стану бензинового генератора. Його перевагою є цифровий вихідний сигнал, просте підключення через інтерфейс 1-Wire, достатній діапазон вимірювання та сумісність із модулем smart-MAIC D105-EA. Оскільки датчик має захищений металевий корпус, його можна встановити на зовнішню поверхню двигуна без втручання у внутрішню конструкцію генератора [15; 16].

У межах розроблюваної системи доцільно передбачити встановлення щонайменше одного давача температури на корпусі двигуна або поблизу головки циліндра. За потреби можна використати два давачі: перший - для контролю температури корпусу двигуна, другий - для контролю температури в зоні біля вихлопної системи. Такий варіант не потребує втручання у внутрішню конструкцію двигуна і не змінює штатну роботу генератора. Давачі

мають бути закріплені так, щоб вони не торкалися рухомих частин, не потрапляли безпосередньо на вихлопний колектор із надмірною температурою і не заважали обслуговуванню генератора.

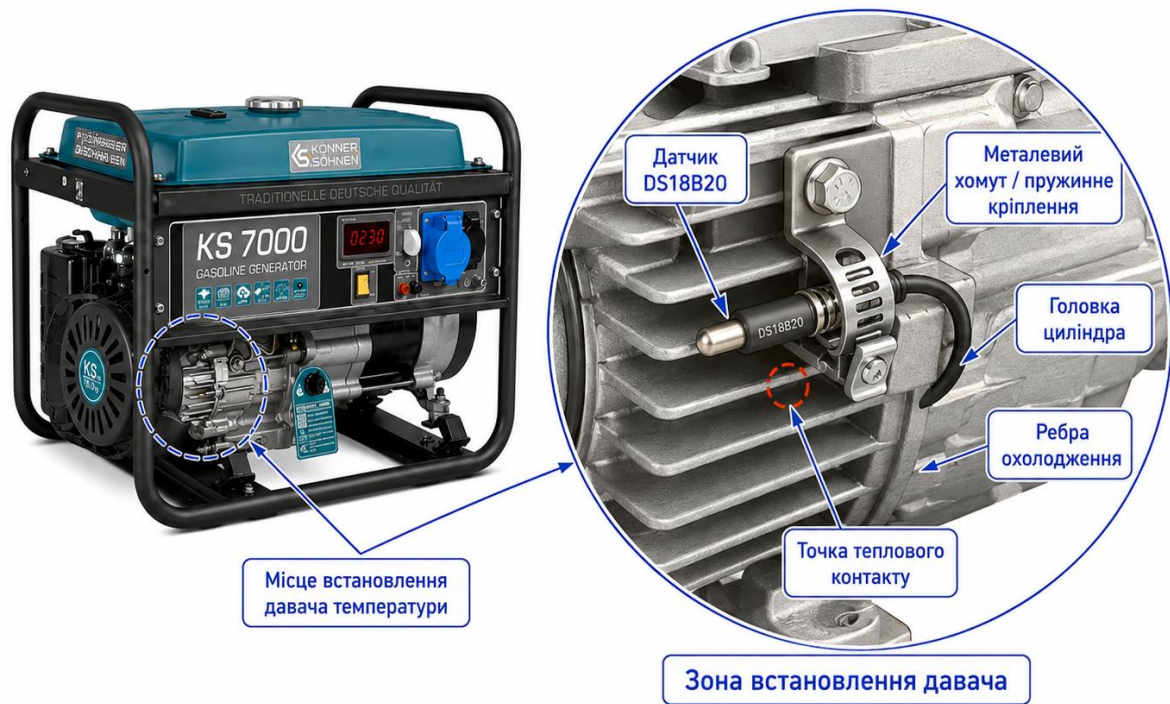


Рисунок 2.4 - Місце встановлення датчика температури DS18B20 на бензиновому генераторі KS 7000

На рисунку 2.4 показано рекомендоване місце встановлення датчика температури DS18B20 на бензиновому генераторі KS 7000. Датчик доцільно закріпити на зовнішній поверхні двигуна або на ребрах охолодження поблизу головки циліндра. Таке місце є інформативним, оскільки воно дає змогу оцінювати нагрівання двигуна під час роботи генератора, але при цьому не потребує втручання у внутрішню конструкцію двигуна. Датчик не слід розміщувати безпосередньо на глушнику або вихлопному колекторі, оскільки

температура в цій зоні може бути надто високою для нормальної роботи DS18B20.

Для надійного теплового контакту датчик можна закріпити за допомогою металевого хомута, притискної пластини або іншого термостійкого кріплення. За потреби між корпусом датчика і поверхнею двигуна можна нанести тонкий шар термопасти, що покращить передавання тепла від контрольної зони до чутливого елемента. Кабель датчика потрібно прокласти вздовж нерухомих частин рами генератора, подалі від глушника, вихлопної системи, вентилятора, маховика та інших гарячих або рухомих елементів.

Підключення датчика DS18B20 до модуля smart-MAIC D105-EA виконується через інтерфейс 1-Wire. Чорний або білий провід підключається до GND, червоний - до +5 В, а жовтий або синій - до входу Data 1-Wire [15]. Отримані значення температури передаються до модуля D105-EA, а далі можуть відображатися у Smart-Maic Dashboard разом з іншими параметрами системи.

Отже, датчик DS18B20 у розроблюваній системі використовується для контролю температурного стану двигуна генератора без втручання в його заводську конструкцію. Його встановлення на зовнішній поверхні двигуна дає змогу отримувати інформацію про нагрівання контрольної зони та передавати ці дані до модуля smart-MAIC D105-EA для подальшого відображення, архівування й аналізу в середовищі моніторингу.

2.3.3 Засоби вимірювання механічних параметрів генератора

Для контролю механічних параметрів бензинового генератора в межах цієї роботи основним параметром обрано частоту обертання двигуна. Цей параметр є важливим, оскільки стабільність обертів двигуна безпосередньо пов'язана зі стабільністю роботи генераторної частини та частотою вихідної

напруги. Для генератора Könnert & Söhne KS 7000 номінальна частота вихідної напруги становить 50 Гц, тому зниження або нестабільність обертів двигуна може впливати на якість електропостачання. Якщо під час роботи генератора виникає надмірне навантаження, нестабільна подача палива або інші технічні відхилення, двигун може втрачати оберти, що надалі відображається на електричних параметрах генератора. Тому контроль частоти обертання дає змогу оцінювати не лише механічний режим роботи двигуна, а й краще пояснювати можливі зміни частоти, напруги або потужності, які фіксуються в системі моніторингу [1].

Для вимірювання частоти обертання двигуна доцільно використати магнітний датчик NJK-5002C. Це безконтактний магнітний датчик наближення, який реагує на проходження постійного магніта біля його чутливої частини та формує імпульсний сигнал. Принцип роботи такого датчика ґрунтується на Hall effect (ефект Холла) [хол ефект], за якого напруга або вихідний сигнал змінюється під дією магнітного поля. У технічних матеріалах про датчик Холла зазначено, що вони використовуються для виявлення магнітного поля, положення, швидкості та обертального руху, що дає змогу застосовувати їх у системах визначення частоти обертання [17].

Датчик NJK-5002C має різьбовий металевий корпус, що спрощує його механічне закріплення на кронштейні, а також дозволяє регулювати положення відносно магніта. Вибір саме такого типу датчика є доцільним, оскільки він не потребує механічного контакту з обертовими частинами двигуна, не створює додаткового навантаження на вал і може працювати в умовах вібрації та запиленості. На відміну від окремої мікросхеми датчика Холла, NJK-5002C є зручнішим для практичного монтажу на генераторі, оскільки має готовий корпус, різьбове кріплення і кабель для підключення [18].

Принцип вимірювання полягає у формуванні імпульсів під час проходження магніта повз чутливу частину датчика. У запропонованій системі

постійний магніт доцільно закріпити на обертовому елементі двигуна, наприклад на маховику, шківі або крильчатці вентилятора охолодження, які обертаються разом із колінчастим валом. Сам давач при цьому залишається нерухомим і встановлюється на окремому кронштейні навпроти траєкторії руху магніта. Коли магніт проходить повз чутливу частину давача, на виході формується імпульсний сигнал. Якщо використовується один магніт, то один імпульс відповідає одному оберту двигуна. Такий спосіб дозволяє визначати частоту обертання без втручання в конструкцію двигуна та без підключення до силових електричних кіл генератора [17].

Для встановлення давача NJK-5002C можна розглядати кілька монтажних варіантів. Перший варіант полягає у встановленні давача на окремому додатковому кронштейні, який закріплюється на вже наявних болтових з'єднаннях кожуха ручного стартера або рами генератора. У такому випадку не потрібно свердлити основний корпус двигуна чи втручатися в його конструкцію. Другий варіант передбачає встановлення давача безпосередньо в отвір знімного захисного кожуха ручного стартера, де сам кожух виконує функцію монтажного елемента. Такий спосіб є компактним, однак потребує виконання отвору відповідного діаметра і точного виставлення зазору між давачем і магнітом. Третій варіант - застосування окремої монтажною пластини, закріпленої до рами генератора або до штатного кріплення кожуха, з подальшим регулюванням положення давача відносно магніта.

У цій роботі найбільш доцільним є встановлення давача NJK-5002C на додатковому нерухомому кронштейні з використанням уже наявних болтових з'єднань кожуха ручного стартера або рами генератора. Такий спосіб монтажу є безпечним і практичним, оскільки не потребує свердління основного корпусу двигуна, не змінює конструкцію генераторної частини, не впливає на паливну систему та систему автоматичного регулювання напруги AVR - automatic voltage regulator (автоматичний регулятор напруги) [ей-ві-ар]. Кронштейн може бути виконаний у вигляді металевої пластини з отвором під різьбовий

корпус давача. Після встановлення давач фіксується гайками, а його чутлива частина спрямовується у бік постійного магніта, закріпленого на обертовому елементі двигуна. Такий монтаж дає змогу виставити потрібний зазор між давачем і магнітом, забезпечити нерухоме положення давача та за потреби демонтувати його без пошкодження генератора.



Рисунок 2.5 - Схема встановлення магнітного давача NJK-5002C на бензиновому генераторі KS 7000

Кабель від давача до першого модуля smart-MAIC D105-EA доцільно прокладати вздовж нерухомих частин генератора: рами, кожуха стартера або штатного джгута проводів. Його потрібно фіксувати пластиковими стяжками або кабельними тримачами так, щоб він не торкався маховика, вентилятора, гарячих частин двигуна та вихлопної системи. За можливості кабель прокладається через уже наявні технологічні проходи або вздовж заводських проводів. Якщо додатковий отвір для кабелю все ж потрібний, його слід виконувати тільки у знімному захисному кожусі, а не в основному корпусі двигуна, з обов'язковим використанням гумового ущільнювача або кабельного вводу для захисту ізоляції від перетирання.

Сигнал з давача NJK-5002C передається на імпульсний вхід першого модуля smart-MAIC D105-EA, який у структурі системи відповідає за технічні параметри двигуна. Оскільки давач має імпульсний вихід, модуль може використовувати ці сигнали для подальшого розрахунку частоти обертання. Важливо, що давач не підключається безпосередньо до силових кіл генератора, а працює як низьковольтний імпульсний елемент. Це підвищує безпеку системи та дозволяє контролювати оберти двигуна без втручання в електричну частину генератора [12; 18].

Частота обертання двигуна визначається розрахунково за кількістю імпульсів, які надходять від давача за певний проміжок часу. Загальна формула має вигляд:

$$n = \frac{N \cdot 60}{t \times z} \quad (2.1)$$

де n - частота обертання двигуна, об/хв; N - кількість імпульсів, зафіксованих давачем; t - час вимірювання, с; z - кількість магнітів, установлених на обертовому елементі. Якщо використовується один магніт, то $z=1$, і формула спрощується до вигляду:

$$n = \frac{N \cdot 60}{t} \quad (2.2)$$

Наприклад, якщо протягом однієї секунди давач формує 50 імпульсів, то частота обертання двигуна становитиме:

$$n = 50 \times 60 = 3000 \text{ об/хв} \quad (2.3)$$

Для спрощення реалізації в межах цієї роботи доцільно використовувати один магніт, оскільки в такому випадку один імпульс відповідає одному оберту двигуна. Це спрощує як монтаж, так і подальше налаштування розрахункового параметра в середовищі Smart-Maic Dashboard. Якщо в майбутньому буде використано кілька магнітів, у формулі потрібно буде

враховувати їх кількість, щоб система не завищувала розраховану частоту обертання.



Рисунок 2.6 - Датчик положення магнітний (датчик Холла) NJK-5002C [18]

Таблиця 2.5 - Датчик положення магнітний (датчик Холла) NJK-5002C)

Характеристика	Значення
Назва датчика	NJK-5002C
Тип датчика	Магнітний датчик наближення
Принцип спрацювання	Реагує на магнітне поле постійного магніта
Тип спрацювання	Уніполярний, спрацьовує від одного полюса магніту
Тип виходу	NPN
Стан виходу	NC або NO залежно від конкретного виконання; перед купівлею потрібно уточнити у продавця
Напруга живлення	5–30 В постійного струму
Споживаний струм	До 15 мА
Максимальний вихідний струм	До 200 мА

Продовження таблиці 2.5

Характеристика	Значення
Максимальна відстань спрацьовування	До 10 мм від магніту
Довжина проводу	1 м
Робоча температура	Від -25°C до $+55^{\circ}\text{C}$
Ступінь захисту	IP65
Габаритні розміри	$42 \times \text{Ø}12$ мм
Спосіб монтажу	Кріплення в різьбовому корпусі за допомогою гайок на нерухомому кронштейні
Призначення в системі	Формування імпульсного сигналу для визначення частоти обертання двигуна генератора

2.3.4 Засоби контролю експлуатаційних параметрів генератора

Експлуатаційні параметри бензинового генератора характеризують не лише факт його роботи, а й тривалість експлуатації, витрату палива та можливість аналізу режимів використання установки. Для системи резервного електропостачання приватного будинку ці параметри мають важливе практичне значення, оскільки користувач повинен розуміти, скільки часу генератор уже працює, який об'єм палива був спожитий за певний період та як змінюється паливоспоживання залежно від навантаження. У межах цієї роботи до експлуатаційних параметрів віднесено мотогодини, витрачений об'єм палива, витрату палива, а також параметри, пов'язані з оцінюванням автономності роботи генератора.

Контроль мотогодин потрібний для аналізу тривалості роботи генератора та планування технічного обслуговування. Для бензинового генератора час роботи є важливим показником, оскільки регламентні операції, зокрема перевірка технічного стану двигуна, заміна мастила, очищення або заміна повітряного фільтра, виконуються через певний інтервал експлуатації. У розроблюваній системі облік мотогодин доцільно реалізувати через перший

модуль smart-MAIC D105-EA, який уже використовується для контролю технічних параметрів двигуна. У такому випадку час роботи генератора може визначатися за наявністю сигналу роботи генератора або за фактом появи електричних параметрів у системі моніторингу. Надалі це значення може відображатися в Smart-Maic Dashboard як окремий експлуатаційний показник [10; 12].

Окрему увагу в системі потрібно приділити контролю паливоспоживання, оскільки витрата бензину залежить від навантаження, режиму роботи двигуна, технічного стану генератора та умов експлуатації. Для генератора Könnert & Söhne KS 7000 об'єм паливного бака становить 25 л, а орієнтовний час роботи при навантаженні 50 % становить близько 17 год [1]. Це паспортне значення дає лише загальне уявлення про автономність генератора, але не показує фактичного споживання бензину в конкретному режимі. Тому в інформаційно-вимірювальній системі доцільно передбачити засіб, який дозволить оцінювати витрачений об'єм палива за певний період роботи.

Для контролю витраченого об'єму палива в роботі обрано витратомір OF05ZAT G1/2 DN15 або аналогічний бензостійкий витратомір з імпульсним виходом. Вибір такого типу витратоміра пояснюється тим, що він має різьбові приєднання G1/2 DN15, компактний корпус, трипровідне підключення та формує цифровий імпульсний сигнал, який може бути переданий на імпульсний вхід модуля smart-MAIC D105-EA. У технічному описі для витратоміра OF05ZAT зазначається можливість його використання для рідин, зокрема бензину, дизельного палива, оливи та води, а вихідний сигнал формується за принципом імпульсного давача [19]. У документації Smart-Maic також зазначено, що до лічильника імпульсів D105 можна підключати витратоміри з імпульсним виходом, зокрема витратоміри для палива та інших середовищ [13].

У такій схемі витратомір не визначає безпосередній рівень бензину в баку, а використовується для обліку палива, що проходить через паливну магістраль. Під час проходження певного об'єму рідини витратомір формує імпульси, кількість яких може бути перерахована у витрачений об'єм палива. Для цього необхідно враховувати ціну одного імпульсу, тобто об'єм палива, який відповідає одному імпульсу витратоміра. Отримане значення може використовуватися для аналізу фактичного паливоспоживання генератора, порівняння різних режимів навантаження та оцінювання економічності роботи установки.

При виборі конкретної модифікації витратоміра необхідно враховувати не лише тип вихідного сигналу, а й діапазон вимірювання. Для генератора Köpner & Söhnen KS 7000 фактичне споживання бензину є порівняно невеликим. Якщо орієнтуватися на паспортні дані генератора, при об'ємі паливного бака 25 л і часі роботи близько 17 год при навантаженні 50 % середня витрата палива становить приблизно:

$$q = \frac{25}{17} = 1,47 \text{ л/год.} \quad (2.4)$$

Тому для практичної реалізації важливо перевірити, чи конкретна модифікація витратоміра OF05ZAT G1/2 DN15 коректно працює на малих витратах палива. Якщо нижня межа вимірювання обраної моделі є вищою за фактичну витрату генератора, можливі похибки під час роботи на малому або середньому навантаженні. У межах цієї роботи OF05ZAT G1/2 DN15 розглядається як конструктивно придатний тип імпульсного витратоміра для врізання в паливну магістраль генератора, а за потреби може бути використаний його аналог із нижчим порогом вимірювання, але з таким самим імпульсним виходом і сумісністю з бензином [19].



Рисунок 2.7 - Витратомір палива G 1/2 DN15 [19]

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики витратоміра палива G 1/2 DN15 з імпульсним виходом

Параметр	Значення
Тип робочого середовища	Бензин, дизельне паливо, технічні легкі рідини
Напруга живлення	5 В DC
Споживаний струм	до 15 мА
Діаметр приєднання	G 1/2
Умовний прохід	DN15
Робочий діапазон витрати	0,5–30 л/год
Кількість проводів	3
Призначення проводів	червоний - +5 В; чорний - GND; жовтий - імпульсний сигнал
Тип вихідного сигналу	імпульсний цифровий сигнал
Похибка вимірювання	±3 %

У структурі розроблюваної системи для паливної частини передбачається окремий модуль smart-MAIC D105-EA №2. Таке рішення є доцільним, оскільки паливні параметри мають власну логіку вимірювання та розрахунку. Перший модуль D105-EA використовується для технічних параметрів двигуна, зокрема температури, частоти обертання та мотогодин, а другий - для приймання сигналів від засобів контролю паливної системи. До аналогового входу другого модуля може підключатися датчик рівня палива, який використовується для визначення фактичного залишку бензину в баку, а до імпульсного входу Ch1 - витратомір OF05ZAT G1/2 DN15, призначений для обліку витраченого об'єму палива. Такий поділ спрощує монтаж, налаштування каналів і подальше відображення даних у Smart-Maіc Dashboard. Залежно від типу витратоміра може застосовуватися імпульсний вихід типу "сухий контакт" або електронний імпульсний вихід типу n-p [13].

Місце встановлення витратоміра має бути вибране так, щоб він вимірював фактичну подачу бензину до двигуна і не порушував штатну роботу паливної системи. Найбільш доцільним є встановлення витратоміра OF05ZAT G1/2 DN15 у паливну магістраль після паливного крана та паливного фільтра, перед входом у карбюратор. У такому випадку через витратомір проходить бензин, який реально подається до двигуна, а отже імпульсний сигнал відповідає фактичному споживанню палива. Встановлення після фільтра є доцільним, оскільки це зменшує ймовірність потрапляння забруднень у вимірювальний механізм витратоміра та підвищує стабільність його роботи.

Паливна магістраль

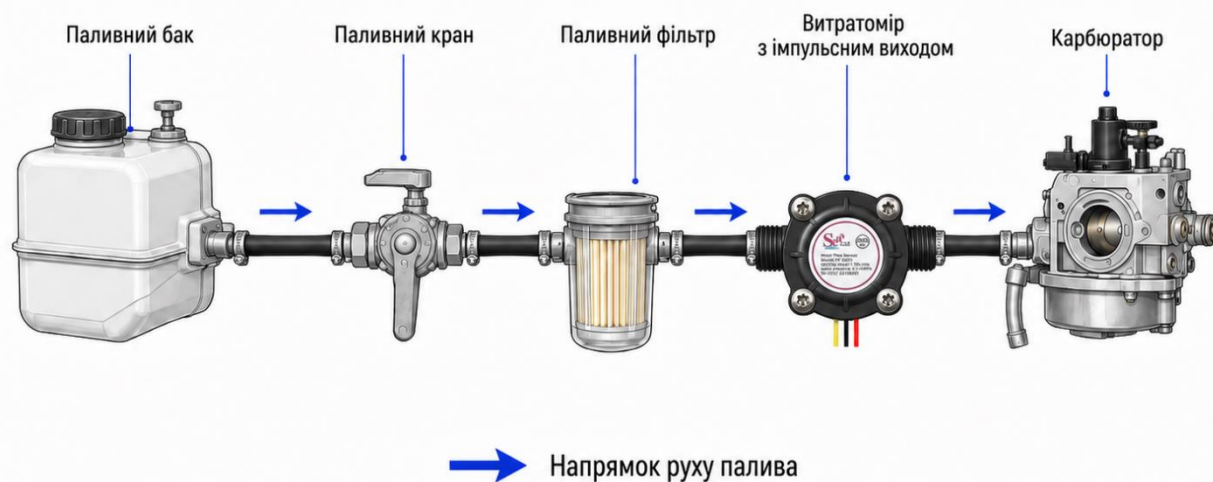


Рисунок 2.8 - Схема встановлення витратоміра з імпульсним виходом у паливну магістраль бензинового генератора

Витратомір повинен бути сумісним із бензином, мати відповідний діапазон вимірювання для двигуна малої потужності та не створювати значного гідравлічного опору в паливній лінії. Надмірний опір подачі бензину може призвести до нестабільної роботи двигуна, тому вибір конкретної моделі витратоміра має враховувати не лише наявність імпульсного виходу, а й придатність до роботи з бензином. Монтаж витратоміра є втручанням у паливну магістраль, тому він має виконуватися герметично, із використанням бензостійких шлангів, перехідників і хомутів. Після встановлення необхідно перевірити відсутність підтікання палива, правильність напрямку руху бензину через витратомір і надійність усіх з'єднань. Кабель від витратоміра до другого модуля smart-MAIC D105-EA потрібно прокласти вздовж нерухомих

частин рами генератора, окремо від глушника, вихлопної системи, вентилятора, маховика та інших гарячих або рухомих елементів.

Витратомір у цій системі використовується для визначення витраченого об'єму палива за певний період роботи генератора. Він не визначає фактичний рівень бензину в баку, а лише фіксує кількість палива, що проходить через паливну магістраль. Тому його показники доцільно використовувати для аналізу паливоспоживання, порівняння режимів роботи генератора та оцінювання фактичної витрати бензину під час експлуатації. Фактичний залишок палива в баку доцільно визначати окремим датчиком рівня палива, який розглядається далі.

Витрачений об'єм палива визначається за кількістю імпульсів, які надійшли від витратоміра, та ціною одного імпульсу. У документації Smart-Maіc зазначено, що пораховані імпульси зберігаються у параметрах Ch1 або Ch2, а накопичувальні значення - у TCh1 або TCh2 [13]. Також вказано, що для перетворення імпульсів у фізичний об'єм необхідно знати ціну імпульсу, яка зазвичай зазначається на витратомірі або в його паспорті [13]. Загальна формула для визначення витраченого об'єму палива має вигляд:

$$V_{\text{вitr}} = N_{\text{імп}} \times k \quad (2.5)$$

де $V_{\text{вitr}}$ - витрачений об'єм палива, л; $N_{\text{імп}}$ - кількість імпульсів, зафіксованих витратоміром; k - ціна одного імпульсу, л/імп. Наприклад, якщо один імпульс відповідає 0,01 л, то 100 імпульсів відповідатимуть 1 л витраченого палива.

Для поточного контролю витрати палива може використовуватися кількість імпульсів за вибраний проміжок часу. У такому випадку витрата палива визначається як відношення витраченого об'єму до тривалості відповідного періоду:

$$q = \frac{V_{\text{вitr}}}{t} \quad (2.6)$$

де q - витрата палива, л/год; $V_{\text{вitr}}$ - витрачений об'єм палива за вибраний період, л; t - тривалість періоду, год. Такий параметр дає змогу оцінити, як змінюється паливоспоживання генератора залежно від навантаження та режиму роботи двигуна.

Для генератора Könniger & Söhnen KS 7000 фактичне споживання бензину є порівняно невеликим, тому під час вибору витратоміра необхідно враховувати його нижню межу вимірювання. Якщо орієнтуватися на паспортні дані генератора, при об'ємі паливного бака 25 л і часі роботи близько 17 год при навантаженні 50 % середня витрата палива становить приблизно:

$$q = \frac{25}{17} = 1,47 \text{ л/год.} \quad (2.7)$$

Отже, витратомір з імпульсним виходом у розроблюваній інформаційно-вимірювальній системі виконує функцію додаткового засобу контролю паливоспоживання. Його дані доцільно використовувати для визначення витраченого об'єму палива, аналізу фактичної витрати бензину та порівняння режимів роботи генератора. При цьому визначення фактичного залишку палива в баку не покладається на витратомір, а виконується окремим датчиком рівня палива, що дозволяє точніше контролювати запас бензину для подальшої автономної роботи генератора.

Оскільки витратомір визначає лише об'єм палива, що проходить через паливну магістраль, для безпосереднього контролю фактичного запасу бензину в баку доцільно використати окремий датчик рівня палива. У розроблюваній інформаційно-вимірювальній системі для цього обрано датчик рівня палива ДУ-04 А-5 з аналоговим вихідним сигналом 0–5 В. Його основне призначення полягає у вимірюванні рівня палива в баку та формуванні аналогового вихідного сигналу, який змінюється залежно від кількості палива. Такий підхід є більш зручним для контролю автономності генератора, оскільки датчик рівня дає змогу оцінювати не розрахунковий, а фактичний залишок бензину в паливному баку.

Датчик рівня палива ДУ-04 призначений для вимірювання рівня рідини в баках, резервуарах та інших ємностях і формування вихідного аналогового сигналу напруги для передавання або реєстрації рівня у зовнішніх пристроях. Принцип роботи датчика ґрунтується на ємнісному методі вимірювання, тобто на зміні ємності робочої частини залежно від діелектричної проникності середовища. Електронна частина датчика перетворює зміну ємності у вихідну напругу, яка відповідає рівню заповнення бака. Для модифікації ДУ-04 А-5 максимальне значення вихідного сигналу становить 5 В, що відповідає повному баку [4; 5]. У документації зазначено, що датчик може мати вихідні діапазони 0–5 В, 0–10 В або 0–20 В залежно від модифікації, а для варіанта ДУ-04 А-5 використовується діапазон 0–5 [4; 5].



Рисунок 2.9 - Загальний вигляд датчика рівня палива ДУ-04 “Аналог”

Основні технічні характеристики датчика рівня палива ДУ-04 А-5 наведено в таблиці 2.7 [4; 5].

Таблиця 2.7 - Основні технічні характеристики датчика рівня палива ДУ-04 “Аналог”

Параметр	Значення
Назва приладу	Датчик рівня палива ДУ-04 А-5
Призначення	Визначення рівня палива в паливному баку
Принцип вимірювання	Ємнісний
Контрольоване середовище	Рідини з відносною діелектричною проникністю 1,8–3,0
Тип вихідного сигналу	Аналогова напруга
Діапазон вихідного сигналу	0–5 В
Напруга живлення	5–30 В DC
Споживаний струм	10–15 мА
Основна допустима похибка вимірювання	$\pm 0,25$ % від діапазону вихідного сигналу
Роздільна здатність вихідної напруги	0,1 % від діапазону
Опір навантаження виходу	не менше 10 кОм
Час усереднення результатів вимірювання	12 с
Діапазон робочих температур	від -30 °C до $+65$ °C
Ступінь захисту корпусу та роз'єму	IP67
Застосування в системі	Контроль фактичного рівня палива в баку генератора

Наведені характеристики показують, що датчик рівня палива ДУ-04 А-5 може бути використаний у складі розроблюваної інформаційно-вимірювальної системи для контролю запасу бензину в паливному баку генератора. Найбільше значення для цієї роботи мають ємнісний принцип вимірювання, аналоговий вихід 0–5 В, невеликий споживаний струм, достатня точність вимірювання та ступінь захисту корпусу і роз'єму IP67. Такі характеристики дають змогу застосувати датчик у системі моніторингу та передати його сигнал на аналоговий вхід модуля збору даних. Основні

технічні параметри датчика, зокрема живлення, вихідний сигнал, похибка, робоча температура і ступінь захисту, наведені в керівництві з експлуатації ДУ-04 [4; 5].

У структурі розроблюваної системи датчик рівня палива використовується як основний засіб контролю запасу бензину в баку. На відміну від витратоміра, який визначає об'єм палива, що пройшов через паливну магістраль, датчик рівня дає змогу оцінити фактичне заповнення паливного бака в поточний момент часу. Це важливо для резервного електропостачання приватного будинку, оскільки користувач повинен розуміти, чи достатньо палива для подальшої автономної роботи генератора. Місце встановлення датчика рівня палива повинно забезпечувати коректне вимірювання та не порушувати штатну роботу генератора. Найбільш доцільним є встановлення датчика у верхній частині паливного бака або в кришці паливного бака, щоб його вимірювальна частина розміщувалася вертикально всередині бака. Такий спосіб монтажу дозволяє контролювати зміну рівня палива по висоті бака та забезпечує стабільне формування вихідного сигналу. Для генератора Könnner & Söhnen KS 7000 датчик доцільно встановлювати в такому місці, де він не заважатиме штатній заливній горловині, паливозабірнику, вентиляції бака та іншим конструктивним елементам [1]. У керівництві до датчика також зазначено, що під час монтажу робоча частина повинна входити в бак вертикально, а місце встановлення має забезпечувати герметичність і правильне розміщення датчика відносно дна бака. [4; 5].

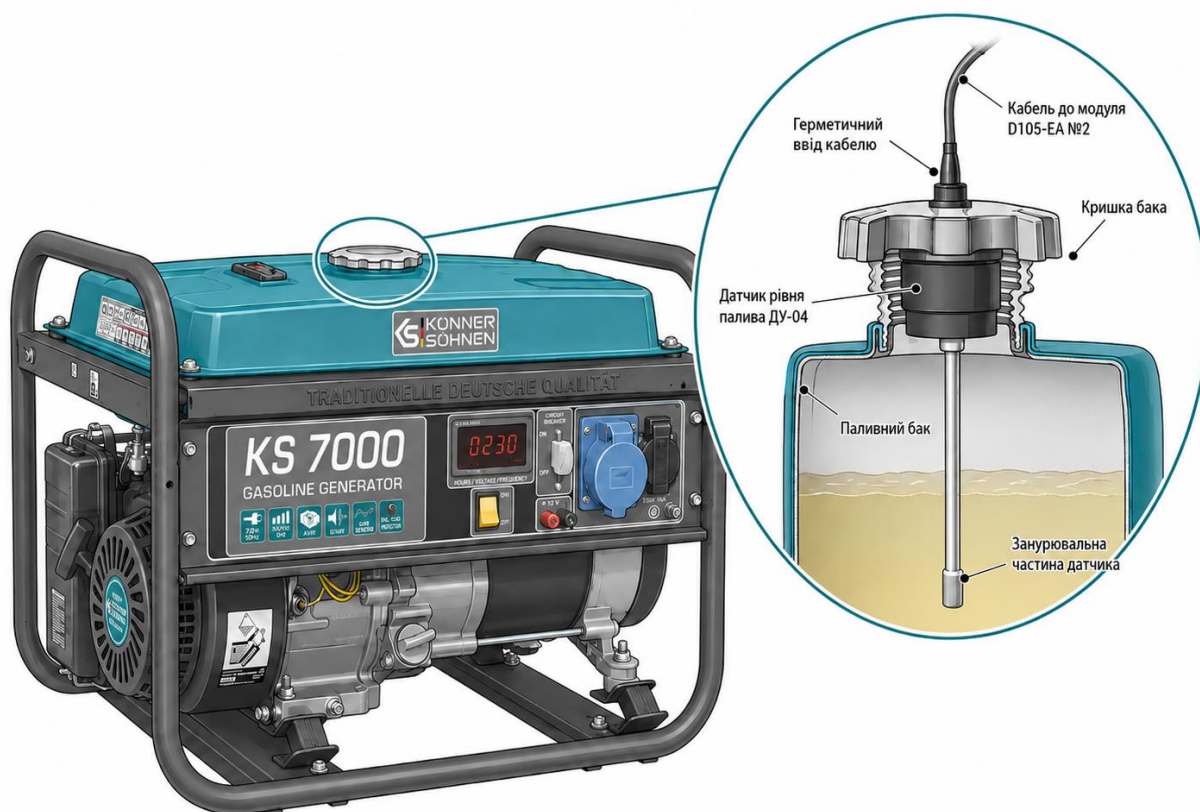


Рисунок 2.10 - Схема встановлення датчика рівня палива ДУ-04 “Аналог” у паливному баку генератор

Реалізація приєднання датчика до генератора передбачає його механічне встановлення у верхню частину паливного бака. Для цього у верхній стінці бака необхідно передбачити монтажний отвір відповідного діаметра та місця для кріплення датчика. Датчик встановлюється вертикально, після чого фіксується за допомогою монтажного вузла та ущільнення. Особливу увагу потрібно приділити герметичності місця встановлення, оскільки паливний бак працює з бензином, а будь-яке порушення герметичності може призвести до підтікання палива або появи запаху бензину.

Під час монтажу необхідно враховувати глибину паливного бака, щоб занурювальна частина датчика відповідала робочій висоті бака і не впиралася в його дно. Також датчик не повинен торкатися внутрішніх елементів бака або

заважати подачі бензину до двигуна. Кабель від датчика потрібно вивести у напрямку електричного щита або місця розміщення модуля збору даних. Його доцільно прокладати вздовж нерухомих частин рами генератора, окремо від глушника, вихлопної системи, вентилятора, маховика та інших гарячих або рухомих елементів.

Електричне приєднання датчика рівня палива передбачається до другого модуля smart-MAIC D105-EA, який у структурі системи використовується для паливно-експлуатаційних параметрів. Вихідний аналоговий сигнал датчика 0–5 В подається на аналоговий вхід модуля. При цьому загальний провід датчика і GND модуля збору даних повинні бути спільними, оскільки це необхідно для коректного зчитування аналогового сигналу. Живлення датчика виконується відповідно до його технічних характеристик у діапазоні 5–30 В DC [4; 5; 12].

Для генератора Könniger & Söhnen KS 7000 об'єм паливного бака становить 25 л [1]. Якщо прийняти, що вихідна напруга датчика 0 В відповідає порожньому баку, а 5 В - повному баку, то рівень палива у відсотках можна визначити за залежністю:

$$L_{\text{пал}} = \frac{U_{\text{дат}}}{5} \times 100 \quad (2.8)$$

де $L_{\text{пал}}$ - рівень палива в баку, %; $U_{\text{дат}}$ - вихідна напруга датчика, В; 5 - максимальна вихідна напруга датчика, В.

Залишок палива в літрах можна визначити за формулою:

$$V_{\text{пал}} = \frac{U_{\text{дат}}}{5} \times 25 \quad (2.9)$$

де $V_{\text{пал}}$ - розрахунковий залишок палива в баку, л; $U_{\text{дат}}$ - вихідна напруга датчика рівня палива, В; 5 - максимальне значення вихідного сигналу датчика, В; 25 - об'єм паливного бака генератора, л.

На основі визначеного залишку палива можна розрахувати орієнтовний залишок часу автономної роботи генератора:

$$t_{\text{зал}} = \frac{V_{\text{пал}}}{q_{\text{сер}}} \quad (2.10)$$

де $t_{\text{зал}}$ - орієнтовний залишок часу автономної роботи генератора, год; $V_{\text{пал}}$ - залишок палива в баку, л; $q_{\text{сер}}$ - середня витрата палива, л/год.

Якщо орієнтуватися на паспортні дані генератора, при об'ємі паливного бака 25 л і часі роботи близько 17 год при навантаженні 50 % середня витрата палива становить [1]:

$$q_{50\%} = \frac{25}{17} - 1,47 \text{ л/год} \quad (2.11)$$

Оскільки навантаження 50 % для генератора потужністю 5 кВт відповідає приблизно 2,5 кВт, то при роботі з навантаженням, близьким до номінального, витрата палива буде більшою. Для спрощеного розрахунку можна прийняти, що при повному навантаженні вона приблизно вдвічі більша:

$$q_{100\%} = 1,47 \times 2 = 2,94 \text{ л/год} \quad (2.12)$$

Тому для оцінювання залишку часу автономної роботи при навантаженні, близькому до 5 кВт, у системі можна використовувати значення середньої витрати 2,94 л/год. Наприклад, якщо за сигналом датчика рівня палива визначено, що в баку залишається 10 л бензину, то орієнтовний залишок часу роботи становитиме:

$$t_{\text{зал}} = \frac{10}{2,94} - 3,4 \text{ год.} \quad (2.13)$$

Такий розрахунок є орієнтовним, оскільки фактична витрата бензину залежить від реального навантаження, технічного стану двигуна, якості палива та умов експлуатації. Проте навіть орієнтовне значення залишку часу роботи є корисним для користувача, оскільки дає змогу оцінити, чи достатньо запасу бензину для подальшого живлення споживачів.

Отже, датчик рівня палива ДУ-04 А-5 у розроблюваній системі виконує функцію основного засобу контролю фактичного запасу бензину в паливному баку генератора. На відміну від витратоміра, який характеризує споживання палива під час роботи, датчик рівня показує саме поточне заповнення бака. Завдяки аналоговому виходу 0–5 В його сигнал може бути використаний для

визначення рівня палива у відсотках, залишку бензину в літрах та орієнтовного залишку часу автономної роботи генератора. Такий підхід відповідає загальній структурі системи, у якій датчик рівня палива забезпечує контроль запасу бензину, а витратомір використовується як додатковий засіб аналізу паливоспоживання. [4; 5]

2.4 Розроблення принципової схеми та опис роботи інформаційно-вимірювальної системи

Розроблення принципової схеми інформаційно-вимірювальної системи є завершальним етапом формування її апаратної частини. У попередніх підпунктах було обґрунтовано вибір основних пристроїв і давачів, які використовуються для контролю роботи бензинового генератора. Для вимірювання електричних параметрів обрано енергомонітор smart-MAIC D101, для приймання сигналів від давачів технічного стану генератора - перший модуль smart-MAIC D105-EA, а для паливно-експлуатаційних параметрів - другий модуль smart-MAIC D105-EA. До першого модуля D105-EA підключаються давач температури DS18B20 та магнітний давач обертів NJK-5002C, а до другого модуля D105-EA - витратомір OF05ZAT G1/2 DN15 і датчик рівня палива ДУ-04 “Аналог”. У цьому підпункті зазначені елементи розглядаються вже не окремо, а як складові однієї інформаційно-вимірювальної системи, призначеної для контролю роботи бензинового генератора Könnner & Söhnen KS 7000 у режимі резервного електропостачання приватного будинку.

Для кращого пояснення роботи системи спочатку доцільно розглянути схеми підключення окремих вузлів, а після цього перейти до загальної принципової схеми. Такий підхід дозволяє послідовно показати, як підключається кожен пристрій, які сигнали він приймає, звідки отримує живлення та яку інформацію передає до середовища моніторингу. Спочатку

розглядається підключення smart-MAIC D101 для контролю електричних параметрів генератора, далі - підключення першого smart-MAIC D105-EA з давачами температури та обертів двигуна. Після цього окремо подається схема підключення другого модуля smart-MAIC D105-EA, який використовується для паливної частини системи. Окремо враховується силова частина генераторного щита з автоматичним перемикачем резервного живлення TOMZN ATS TOQ-5 125 А, після чого всі вузли об'єднуються в одну принципову схему інформаційно-вимірювальної системи.

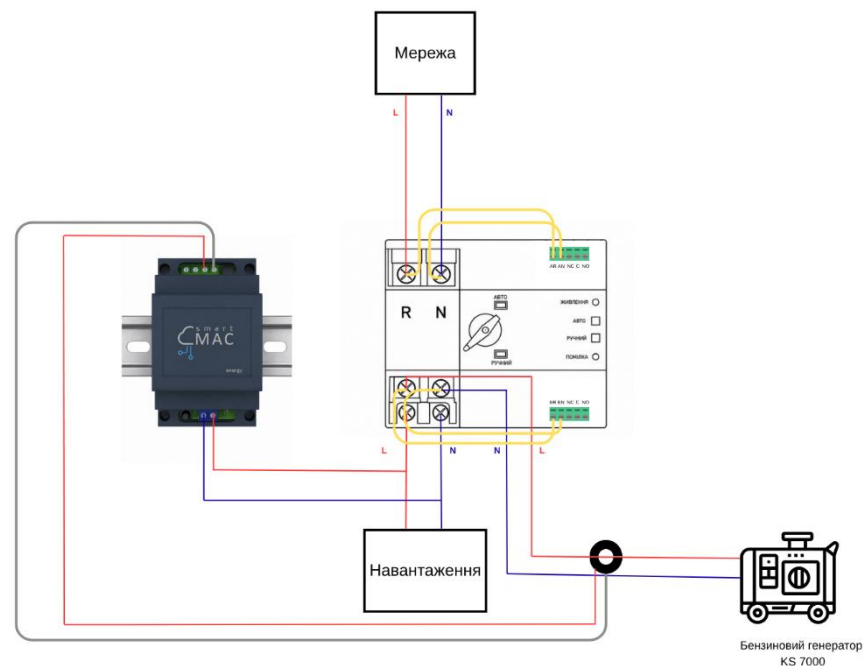


Рисунок 2.11 - Схема підключення smart-MAIC D101 для вимірювання електричних параметрів генератора

Для підключення енергомонітора smart-MAIC D101 використовується схема, наведена в посібнику користувача. Пристрій встановлюється в електричному щиті на DIN-рейку та підключається до контрольованої однофазної мережі 230 В. У межах цієї роботи контрольованою ділянкою є генераторна лінія або ділянка після перемикального пристрою, через яку живиться навантаження приватного будинку. Основне призначення D101 полягає у безперервному вимірюванні електричних параметрів мережі:

напруги, струму, активної потужності, активної енергії та коефіцієнта потужності. Частота вихідної напруги може контролюватися штатним дисплеєм генератора або окремим вимірювальним каналом, якщо цей параметр доступний у системі моніторингу [1; 11].

Живлення smart-MAIC D101 і вимірювання напруги виконуються через відповідні клеми пристрою. До енергомонітора подаються фазний провідник L і нульовий провідник N контрольованої мережі. У схемі генераторного живлення ці провідники доцільно брати після автоматичного перемикача резерву або з тієї ділянки, де потрібно контролювати параметри напруги, що подається на навантаження. Завдяки такому підключенню D101 фіксує наявність напруги, її фактичне значення, струм навантаження, потужність та передає ці дані до середовища Smart-Maic Dashboard.

Вимірювання струму в smart-MAIC D101 здійснюється не шляхом прямого проходження силового струму через пристрій, а за допомогою трансформатора струму. Трансформатор струму встановлюється тільки на фазний провідник L, який іде в напрямку до навантаження. Нульовий провідник через трансформатор струму не пропускається. У посібнику D101 зазначено, що трансформатор струму потрібно встановлювати з урахуванням напрямку передавання енергії, оскільки від цього залежить правильність вимірювання активної потужності та електричної енергії [11]. Проводи від трансформатора струму підключаються до відповідних контактів D101 згідно зі схемою виробника. Керований вихід пристрою в базовій схемі цієї роботи не використовується, оскільки основна функція D101 полягає не в керуванні навантаженням, а у вимірюванні та передаванні електричних параметрів генератора.

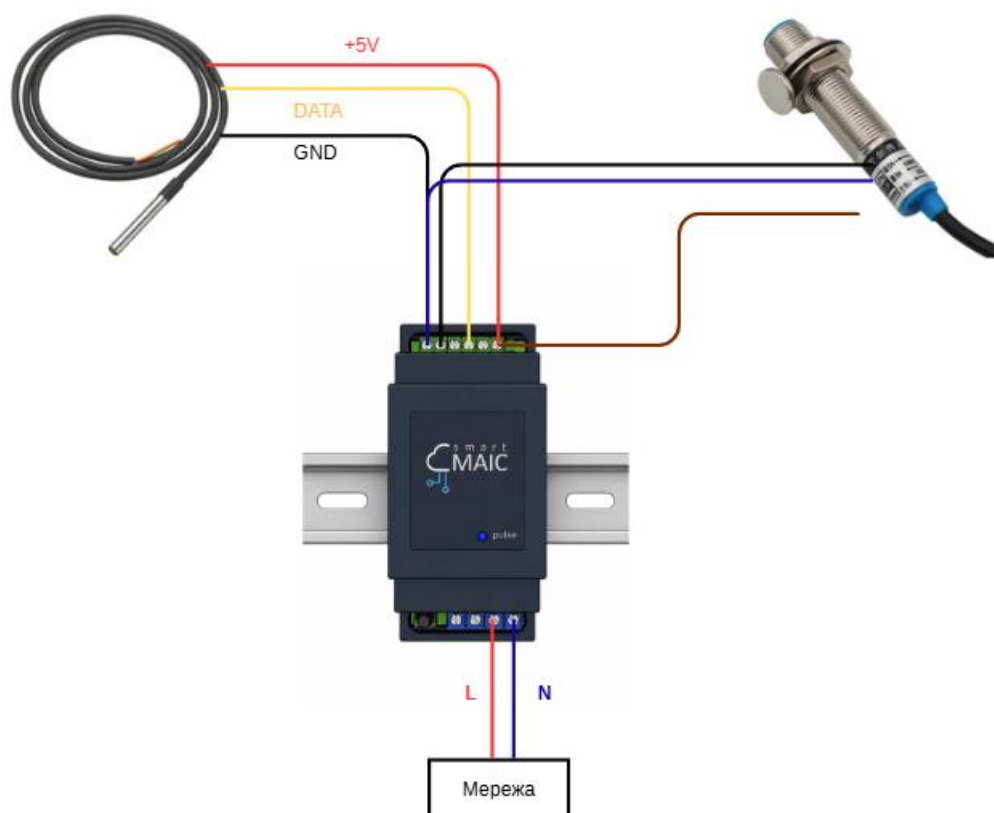


Рисунок 2.12 - Схема підключення smart-MAIC D105-EA №1 з давачами технічного стану генератора

Перший модуль smart-MAIC D105-EA №1 використовується для приймання сигналів від давачів, які характеризують технічний стан двигуна генератора. Згідно з посібником, модуль D105 має імпульсні входи, вхід для температурних давачів типу DS18x20, аналоговий вхід, керований вихід, інтерфейс RS485 і живлення від мережі 100–240 В змінного струму [12]. У межах цієї роботи до першого модуля D105-EA підключається температурний давач DS18B20 і магнітний давач обертів NJK-5002C. Таке розділення є зручним, оскільки технічні параметри двигуна приймаються одним модулем, а паливні параметри - окремим другим модулем D105-EA.

Температурний давач DS18B20 підключається до D105 через вхід 1-Wire, тобто цифрову однопровідну шину обміну даними. У документації до підключення DS18B20 зазначено, що чорний або білий провід підключається до GND, червоний - до +5 В, а жовтий або синій - до входу Data 1-Wire [16]. У

схемі це відповідає підключенню до відповідних клем модуля D105-EA. Такий спосіб дає змогу передавати цифрове значення температури без використання окремого аналогового перетворення.

Для контролю частоти обертання двигуна використовується магнітний датчик NJK-5002C, який формує імпульсний сигнал під час проходження постійного магніта повз його чутливу частину. Сигнальний провід датчика подається на один з імпульсних входів D105-EA, а спільний провід з'єднується з GND. Оскільки імпульсний вхід D105 спрацьовує при замиканні на GND, підключення такого датчика потребує правильного узгодження типу його виходу з логікою входу модуля [12]. У базовій схемі доцільно використовувати один імпульсний вхід для контролю обертів, а другий залишити резервним або використати в майбутньому для обліку кількості запусків.

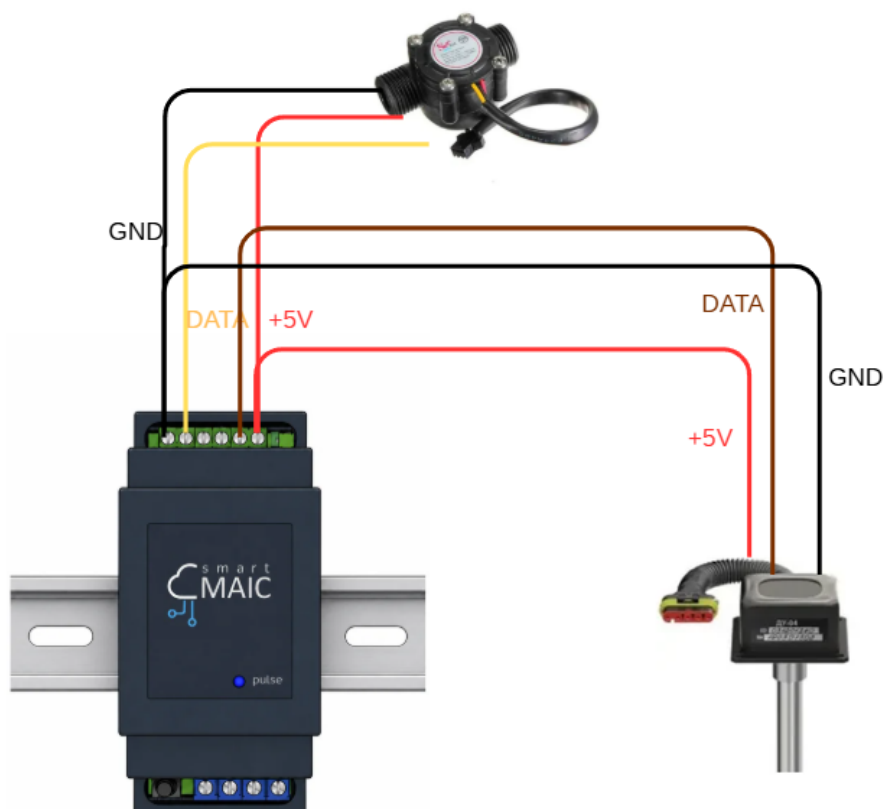


Рисунок 2.13 - Схема підключення витратоміра OF05ZAT G1/2 DN15 та датчика рівня палива ДУ-04 "Аналог" до модуля smart-MAIC D105-EA №2

На рисунку 2.13 наведено схему підключення паливних давачів до другого модуля smart-MAIC D105-EA №2. У розроблюваній інформаційно-вимірювальній системі цей модуль використовується для контролю паливно-експлуатаційних параметрів генератора. До нього підключаються два прилади, які виконують різні функції: витратомір OF05ZAT G1/2 DN15 використовується для обліку витраченого об'єму бензину, а датчик рівня палива ДУ-04 А-5 - для визначення фактичного рівня палива в баку. Такий поділ є доцільним, оскільки витратомір показує кількість палива, що пройшла через паливну магістраль, а датчик рівня палива характеризує поточний запас бензину в паливному баку.

Витратомір OF05ZAT G1/2 DN15 має трипровідне підключення, яке включає провід живлення, загальний провід і сигнальний провід імпульсного виходу. Для трипровідного електронного витратоміра з живленням +5 В чорний провід GND підключається до контакту 1 - GND модуля D105-EA, червоний провід +5 В - до контакту 6 - +5 В, а жовтий імпульсний провід - до контакту 2 - імпульсний вхід 1. За потреби може використовуватися і контакт 3 - імпульсний вхід 2, однак у цій схемі доцільно прийняти саме перший імпульсний вхід для витратоміра. Такий спосіб підключення відповідає схемі підключення витратомірів з імпульсним виходом до smart-MAIC D105 [13].

Принцип роботи витратоміра полягає в тому, що під час проходження бензину через його вимірювальний елемент формується послідовність імпульсів. Кількість імпульсів є пропорційною об'єму палива, який пройшов через витратомір. Модуль smart-MAIC D105-EA №2 приймає ці імпульси на імпульсний вхід і передає отримані дані до Smart-Maic Dashboard. Перерахунок імпульсів у витрачений об'єм палива виконується за залежністю, наведеною у пункті 2.3.4. Тобто в цій частині схеми витратомір використовується саме для визначення витраченого об'єму бензину та подальшого аналізу паливоспоживання генератора.

Датчик рівня палива ДУ-04 А-5 підключається до цього самого модуля smart-MAIC D105-EA №2, але не до імпульсного входу, а до аналогового входу. Це пояснюється тим, що датчик рівня палива формує аналоговий вихідний сигнал у діапазоні 0–5 В, який змінюється залежно від рівня палива в баку. Сигнальний провід датчика з виходом 0–5 В підключається до контакту 5 - аналоговий вхід модуля D105-EA. Загальний провід датчика підключається до контакту 1 - GND. Живлення датчика виконується постійною напругою 5–30 В DC відповідно до його технічних характеристик. Для модифікації ДУ-04 А-5 у документації вказано вихідний сигнал 0–5 В, а також живлення від джерела постійного струму 5–30 В [4; 5].

Важливою умовою правильного підключення датчика рівня палива є спільний загальний провід. Загальний провід датчика та контакт 1 - GND модуля D105-EA №2 повинні бути з'єднані між собою. Це необхідно для того, щоб модуль коректно зчитував аналогову напругу на своєму вході. Якщо загальний провід не буде підключений до GND модуля, аналоговий сигнал може визначатися неправильно або бути нестабільним [4; 5; 12].

У практичній реалізації датчик рівня палива встановлюється у верхню частину паливного бака або в кришку паливного бака генератора. Його занурювальна частина розміщується всередині бака, а кабель виводиться назовні через герметичний кабельний ввід. Такий спосіб монтажу дозволяє контролювати фактичний рівень бензину в баку та передавати відповідний аналоговий сигнал до модуля збору даних. При цьому необхідно забезпечити герметичність місця встановлення, надійну фіксацію датчика та правильне розміщення його робочої частини всередині бака [4; 5].

Отриманий від датчика рівня палива аналоговий сигнал використовується для визначення рівня палива у відсотках, залишку бензину в літрах та орієнтовного залишку часу автономної роботи генератора. Відповідні залежності для перерахунку сигналу 0–5 В у фізичні величини

наведено у пункті 2.3.4. Тому в даному підпункті основна увага приділяється саме електричному підключенню датчика до модуля D105-EA №2 та поясненню ролі аналогового входу.

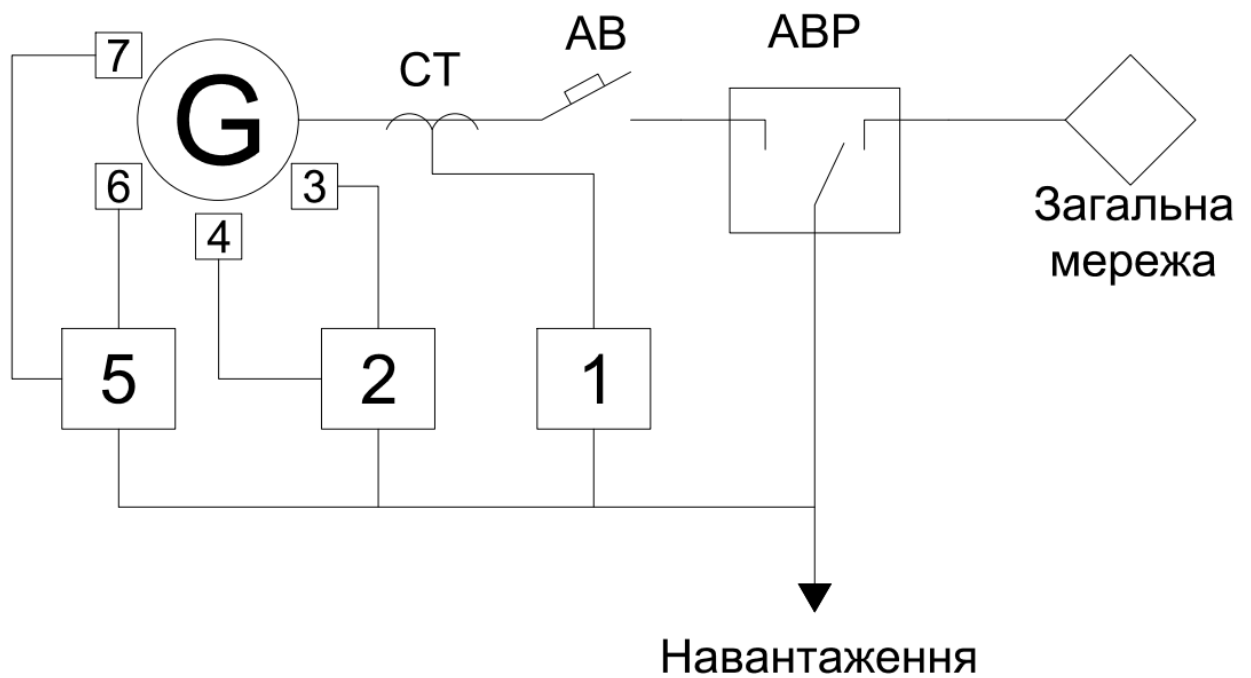


Рисунок 2.14 - Загальна принципова схема інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора

Позначення на рисунку 2.14:

- 1 - модуль smart-MAIC D101 для контролю електричних параметрів генераторної лінії;
- 2 - модуль smart-MAIC D105-EA №1 для приймання сигналів від датчиків технічного стану двигуна;
- 3 - датчик температури DS18B20;
- 4 - магнітний датчик обертів NJK-5002C;
- 5 - модуль smart-MAIC D105-EA №2 для контролю паливно-експлуатаційних параметрів;

- 6 - витратомір палива OF05ZAT G1/2 DN15;
- 7 - датчик рівня палива ДУ-04 А-5;
- G - бензиновий генератор Könnner & Söhnen KS 7000;
- СТ - трансформатор струму модуля D101;
- AB - автоматичний вимикач генераторної лінії;
- ABP - автоматичний ввід резерву;
- Загальна мережа - централізована електромережа;
- Навантаження - резервна група споживачів приватного будинку.

Загальна принципова схема інформаційно-вимірювальної системи поєднує силову частину резервного електропостачання та вимірювальну частину, яка призначена для контролю основних параметрів роботи бензинового генератора. Бензиновий генератор Könnner & Söhnen KS 7000 подає напругу 230 В на генераторну лінію, після чого вона проходить через двополюсний автоматичний вимикач АВ і автоматичний перемикач резервного живлення АВР. Через АВР навантаження приватного будинку може отримувати живлення або від загальної електромережі, або від бензинового генератора. Така побудова дозволяє забезпечити безпечне перемикання між основною мережею та резервним джерелом живлення, а також захистити генераторну лінію від перевантаження або короткого замикання [1].

На рисунку 2.14 цифровими позначеннями показано основні елементи вимірювальної частини системи. Модуль 1 відповідає за контроль електричних параметрів генераторної лінії, модуль 2 використовується для приймання сигналів від датчиків технічного стану двигуна, а модуль 5 - для контролю паливно-експлуатаційних параметрів. Такий поділ є доцільним, оскільки електричні, технічні та паливні параметри мають різну природу сигналів і підключаються до різних входів модулів збору даних.

Модуль 1 - smart-MAIC D101 встановлюється в генераторній лінії та використовується для контролю електричних параметрів роботи генератора. До нього підключаються фазний і нульовий провідники, а на фазному провіднику додатково встановлюється трансформатор струму СТ. Завдяки цьому модуль отримує дані про напругу, струм навантаження, активну потужність, електричну енергію та коефіцієнт потужності. Такий спосіб підключення є доцільним, оскільки силовий струм не проходить безпосередньо через вимірювальний модуль, а контроль струму здійснюється за допомогою трансформатора струму [11].

Модуль 2 - smart-MAIC D105-EA №1 використовується для приймання сигналів від датчиків технічного стану двигуна генератора. До нього підключається датчик температури 3 - DS18B20, який призначений для контролю температури корпусу двигуна або зони біля головки циліндра. Також до цього модуля підключається магнітний датчик 4 - NJK-5002C, який використовується для контролю частоти обертання двигуна. Датчик NJK-5002C формує імпульсний сигнал під час проходження магніта повз його чутливу частину, а модуль D105-EA приймає ці імпульси через імпульсний вхід [12;15].

Окремо у схемі передбачено модуль 5 - smart-MAIC D105-EA №2, який використовується для контролю паливно-експлуатаційних параметрів генератора. До нього підключається витратомір 6 - OF05ZAT G1/2 DN15, який формує імпульси відповідно до об'єму палива, що проходить через паливну магістраль. Також до цього модуля підключається датчик рівня палива 7 - ДУ-04 А-5, який формує аналоговий сигнал 0–5 В залежно від фактичного рівня бензину в паливному баку. Таким чином, витратомір використовується для обліку витраченого об'єму палива, а датчик рівня палива - для визначення фактичного запасу бензину в баку [4; 5; 13].

Робота системи відбувається у такій послідовності. Після зникнення напруги в основній мережі користувач запускає бензиновий генератор. Коли

на його виході з'являється напруга 230 В, вона через автоматичний вимикач АВ і автоматичний перемикач резерву АВР подається на навантаження будинку. Одночасно активується вимірювальна частина системи: модуль D101 фіксує електричні параметри генераторної лінії, перший модуль D105-EA №1 приймає сигнали від давача температури та давача обертів, а другий модуль D105-EA №2 приймає сигнали від витратоміра та датчика рівня палива. Отримані дані можуть передаватися до середовища Smart-Maic Dashboard, де вони відображаються у вигляді поточних значень, графіків і архівних записів. Запропонована схема дозволяє виконувати комплексний контроль роботи бензинового генератора. Електричні параметри контролюються через генераторну лінію та трансформатор струму, температура вимірюється зовнішнім давачем, оберти визначаються безконтактним способом, а паливні параметри контролюються за допомогою витратоміра та датчика рівня палива. Такий підхід є доцільним для системи резервного електропостачання приватного будинку, оскільки дає змогу контролювати не лише факт роботи генератора, а й його навантаження, тепловий стан, частоту обертання, витрату палива та фактичний запас бензину.

2.5 Висновок до Розділу 2

У другому розділі було розроблено структуру інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора Könnor & Söhnen KS 7000. Основну увагу приділено вибору вимірювальних модулів, давачів і способів їх підключення до системи моніторингу. Було визначено, що для контролю електричних параметрів доцільно використати модуль smart-MAIC D101, який дає змогу вимірювати напругу, струм, активну потужність, електричну енергію та коефіцієнт потужності генераторної лінії. Для вимірювання струму передбачено використання трансформатора струму, встановленого на фазному провіднику, що дозволяє контролювати навантаження генератора без прямого проходження силового струму через вимірювальний модуль.

Для контролю технічного стану двигуна генератора було обрано модуль smart-MAIC D105-EA №1, до якого підключаються давач температури DS18B20 та магнітний давач обертів NJK-5002C. Давач температури використовується для контролю нагрівання корпусу двигуна або зони біля головки циліндра, що дозволяє виявляти ознаки перегрівання під час роботи генератора. Магнітний давач NJK-5002C застосовується для безконтактного визначення частоти обертання двигуна за імпульсами, які формуються під час проходження магніта повз чутливу частину давача. Такий спосіб контролю не потребує втручання у внутрішню конструкцію двигуна і є придатним для практичної реалізації в системі резервного електропостачання.

Окремо було розглянуто засоби контролю паливно-експлуатаційних параметрів генератора. Для цього в системі передбачено другий модуль smart-MAIC D105-EA №2, до якого підключаються витратомір OF05ZAT G1/2 DN15 та датчик рівня палива ДУ-04 А-5. Витратомір використовується для обліку витраченого об'єму бензину за кількістю імпульсів, що надходять на імпульсний вхід модуля. Датчик рівня палива ДУ-04 А-5 застосовується для визначення фактичного запасу бензину в баку за аналоговим сигналом 0–5 В. На основі цього сигналу можна розраховувати рівень палива у відсотках,

залишок бензину в літрах та орієнтовний залишок часу автономної роботи генератора.

У розділі також було розроблено схеми підключення основних елементів системи. Окремо розглянуто підключення модуля smart-MAIC D101 для контролю електричних параметрів, підключення модуля D105-EA №1 з давачами технічного стану генератора, а також підключення модуля D105-EA №2 з паливними давачами. Завершальним етапом стала побудова загальної принципової схеми інформаційно-вимірювальної системи, яка поєднує силову частину резервного електропостачання та вимірювальну частину. У цій схемі генератор через автоматичний вимикач і АВР подає живлення на навантаження будинку, а вимірювальні модулі одночасно збирають дані про електричні, теплові, механічні та паливні параметри.

РОЗДІЛ 3: РОЗРОБЛЕННЯ СЕРЕДОВИЩА ВІДОБРАЖЕННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РОБОТИ БЕНЗИНОВОГО ГЕНЕРАТОРА

Після розроблення апаратної частини інформаційно-вимірювальної системи наступним етапом є формування середовища відображення та візуалізації даних. Вимірювальні модулі та давачі самі по собі забезпечують лише отримання первинної інформації про роботу генератора, однак для практичного використання ці дані повинні бути подані у зручному для користувача вигляді. Саме тому в розділі розглядається побудова середовища моніторингу, у якому можна відображати поточні значення параметрів, аналізувати їх зміну в часі, зберігати архівні дані та формувати висновки щодо режиму роботи генератора.

У розроблюваній системі середовищем відображення даних прийнято хмарний вебдодаток Smart-Maic Dashboard, який використовується для візуалізації інформації, отриманої від модулів smart-MAIC D101 та smart-MAIC D105-EA. Через це середовище користувач може контролювати електричні параметри генератора, температуру двигуна, частоту обертання, мотогодини, витрачений об'єм палива, фактичний рівень палива в баку, залишок бензину та орієнтовний час автономної роботи. Такий підхід дозволяє перейти від простого локального контролю генератора до повноцінного моніторингу його роботи в реальному час

У цьому розділі наведено демонстраційний приклад реалізації відображення параметрів роботи бензинового генератора в середовищі Smart-Maic Dashboard. Оскільки для практичної перевірки використовувався демонстраційний режим Dashboard, наведені на рисунках значення параметрів слід розглядати як приклад налаштування інформаційної панелі, віджетів, графіків і розрахункових показників. Основна увага приділяється не фактичним числовим значенням у момент знімання скріншотів, а структурі

відображення даних, логіці розрахунків і можливості використання Dashboard для контролю та аналізу роботи генератор

3.1 Розроблення середовища відображення та візуалізації даних інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора

Smart-Maic Dashboard у розроблюваній інформаційно-вимірювальній системі використовується як верхній рівень моніторингу, у якому дані від вимірювальних модулів об'єднуються в одному середовищі. На відміну від апаратної частини, яка забезпечує безпосереднє вимірювання параметрів бензинового генератора, Dashboard (інформаційна панель) [дешборд] призначений для відображення цих параметрів у зручній для користувача формі. У цьому середовищі користувач може створювати окремі дошки, додавати на них потрібні віджети, змінювати їх розташування, розмір і налаштування, а також вибирати, які саме дані з підключених пристроїв потрібно відображати. У відеоінструкції з роботи в Smart-Maic Dashboard зазначено, що дошка фактично є робочим полем, на якому користувач сам створює віджети, розміщує їх у потрібному місці та налаштовує відображення даних з підключених пристроїв [20; 21; 22; 23]. Такий підхід дозволяє сформувати окрему інформаційну панель для контролю бензинового генератора Köpner & Söhnen KS 7000, на якій будуть зібрані електричні, теплові, механічні та експлуатаційні параметри.



Рисунок 3.1 - Загальний вигляд середовища Smart-Maic Dashboard для відображення даних

На рисунку 3.1 наведено загальний вигляд середовища Smart-Maic Dashboard, у якому можуть відображатися цифрові індикатори, таблиці та графічні віджети. Це середовище використовується для візуалізації даних, отриманих від вимірювальних модулів smart-MAIC D101 та smart-MAIC D105-EA. У матеріалах smart-MAIC support зазначено, що в Dashboard передбачена робота з цифровими віджетами, таблицями, графічними віджетами та основними елементами інтерфейсу [20; 21; 22; 23]. Завдяки цьому Smart-Maic Dashboard можна використовувати як основне середовище відображення даних інформаційно-вимірювальної системи контролю роботи бензинового генератора.

Передавання даних до Smart-Maic Dashboard можливе за умови підключення пристроїв Smart-Maic до бездротової мережі. У документації щодо підключення до Wi-Fi (бездротова мережа) [вай-фай] зазначено, що для нормальної роботи пристрою в місці його встановлення потрібно забезпечити наявність сигналу бездротової мережі з виходом в Інтернет [24]. Під час первинного налаштування пристрій підключається до мережі, отримує доступ

до сервера даних і надалі може передавати виміряні параметри до хмарного середовища. Для розроблюваної системи це означає, що в зоні встановлення генераторного щита або поруч із генератором необхідно забезпечити достатній рівень сигналу Wi-Fi 2,4 ГГц, оскільки без стабільного з'єднання дані не зможуть своєчасно передаватися до Dashboard.



Рисунок 3.2 - Схема передавання даних через Wi-Fi до Smart-Maic Dashboard

На рисунку 3.2 наведено схему передавання даних від вимірювальних модулів до середовища Smart-Maic Dashboard через канал Wi-Fi. Первинні сигнали формуються датчиками та вимірювальними засобами, після чого надходять до модулів smart-MAIC D101 і smart-MAIC D105-EA. Далі дані через бездротову мережу передаються до хмарного середовища, де вони стають доступними для перегляду користувачем у вигляді цифрових показників, таблиць, графіків і повідомлень. На відміну від структурної схеми, наведеної в другому розділі, цей рисунок акцентує увагу саме на інформаційному каналі передавання даних до Dashboard.

Основним джерелом електричної інформації для середовища моніторингу є енергомонітор smart-MAIC D101. Він використовується для

контролю напруги, струму, активної потужності, електричної енергії, коефіцієнта потужності та частоти. Згідно з посібником користувача, D101 призначений для безперервного вимірювання параметрів електричної мережі та передавання отриманих даних до хмарного сервера для подальшого аналізу й візуалізації [11]. У межах цієї роботи D101 передає до Dashboard параметри, які характеризують якість електроживлення від генератора та рівень його навантаження. Саме ці дані є основою для оцінювання режиму роботи резервного джерела живлення, оскільки за ними можна визначити наявність напруги, стабільність частоти, фактичну потужність навантаження та наближення генератора до допустимих меж роботи.

Додаткові параметри технічного стану та паливно-експлуатаційні показники генератора надходять до середовища моніторингу через модулі smart-MAIC D105-EA. Перший модуль D105-EA №1 використовується для приймання сигналів від датчика температури DS18B20, магнітного датчика обертів NJK-5002C та для обліку часу роботи генератора. Другий модуль D105-EA №2 застосовується для паливної частини системи: до його імпульсного входу підключається витратомір OF05ZAT G1/2 DN15, а до аналогового входу - датчик рівня палива ДУ-04 А-5 з вихідним сигналом 0–5 В. Завдяки цьому в Dashboard можуть передаватися дані про витрачений об'єм палива, фактичний рівень бензину в баку, залишок палива та орієнтовний залишок часу автономної роботи генератора [4; 5; 12; 13].

У середовищі Smart-Maic Dashboard дані організовуються у вигляді окремих дошок. Для цієї роботи доцільно передбачити окрему дошку, наприклад «Генератор KS 7000», на якій будуть згруповані всі основні параметри резервного джерела живлення. У верхній частині такої дошки можна розмістити електричні параметри генератора, нижче - показники технічного стану двигуна, а окремим блоком - паливно-експлуатаційні параметри. Такий поділ робить панель зрозумілішою, оскільки користувач бачить не випадковий набір чисел, а логічно згруповану інформацію про

роботу генератора. У відеоінструкції також показано, що в Dashboard можна створювати кілька дошок під різні задачі або різні типи відображення, наприклад для великого екрана чи мобільного пристрою [20; 21; 22].

Для відображення параметрів у Dashboard можуть використовуватися різні типи віджетів. Для контролю генератора найбільш важливими є цифрові індикатори, табличні віджети та графічні віджети. Цифрові індикатори зручно використовувати для поточних значень напруги, струму, потужності, температури двигуна, частоти обертання, рівня палива у відсотках, залишку палива в літрах та орієнтовного залишку часу роботи. Табличні віджети можуть застосовуватися для накопичених значень, наприклад електричної енергії, мотогодин або витраченого об'єму палива. Графічні віджети доцільно використовувати для аналізу зміни параметрів у часі. У документації щодо налаштування індикаторів зазначено, що віджети-індикатори призначені для відображення даних у режимі реального часу, а на деякі віджети можна додавати до шести параметрів, причому ці дані можуть надходити як з одного пристрою, так і з різних пристроїв [23].

Окремою перевагою Smart-Maic Dashboard є можливість налаштування вигляду віджетів. Під час створення віджета користувач вибирає пристрій, дані для відображення, період, інформаційний текст, одиницю вимірювання, кількість знаків після коми та інші параметри. У відеоінструкції з налаштування цифрових віджетів показано, що для кожного віджета можна вибрати конкретний пристрій, потрібний параметр, підпис, символ одиниці вимірювання, колір і формат числового відображення [20; 21; 22]. Для інформаційно-вимірювальної системи контролю генератора це важливо, оскільки кожен параметр має власну одиницю вимірювання та призначення. Наприклад, напруга відображається у вольтах, струм - в амперах, потужність - у кіловатах, температура - у градусах Цельсія, а витрата палива - у літрах або літрах за годину. Правильне налаштування одиниць вимірювання і підписів робить Dashboard зрозумілим не лише для розробника системи, а й для

користувача, який контролює роботу генератора під час відключення електроенергії.

У Smart-Maic Dashboard також можуть використовуватися текстові блоки та віртуальні значення. Текстовий блок доцільно застосувати для коротких пояснень на дошці, наприклад для зазначення номінальної потужності генератора, об'єму паливного бака, прийнятої середньої витрати палива або короткої інструкції для користувача. Віртуальні значення можуть бути корисними для розрахункових показників, які не вимірюються безпосередньо, але визначаються на основі отриманих даних. До таких показників можна віднести відсоток завантаження генератора, залишок палива в літрах, розрахований за аналоговим сигналом 0–5 В від датчика ДУ-04 А-5, а також орієнтовний залишок часу автономної роботи. Для цього у віртуальному значенні можуть використовуватися залежності, наведені в пункті 2.3.4, де сигнал датчика рівня палива перераховується у відсотки та літри. У матеріалі про складні функції в налаштуваннях віджету зазначено, що в Dashboard можна використовувати інструмент $f(x)$ для створення розрахункових параметрів на основі даних, які вже контролює пристрій [25]. У відеоінструкції також показано, що в розділі віртуальних значень можна створювати нові розрахункові показники на основі даних від пристроїв [20; 21; 22].

У структурі інформаційно-вимірювальної системи Smart-Maic Dashboard не замінює вимірювальні модулі та давачі, а виконує функцію верхнього інформаційного рівня. На нижньому рівні знаходиться сам генератор і встановлені на ньому давачі: температурний давач DS18B20, магнітний давач обертів NJK-5002C, витратомір OF05ZAT G1/2 DN15 та датчик рівня палива ДУ-04 А-5. На середньому рівні працюють модулі smart-MAIC D101 і smart-MAIC D105-EA. Модуль D101 приймає дані про електричні параметри генераторної лінії, перший модуль D105-EA №1 - сигнали від давачів технічного стану двигуна, а другий модуль D105-EA №2 -

сигнали від паливних давачів. На верхньому рівні Dashboard забезпечує відображення, групування, архівування та аналіз отриманої інформації. Такий поділ дозволяє чітко розмежувати функції системи: апаратна частина відповідає за отримання даних, а програмне середовище - за їх подання користувачу.

Отже, використання Smart-Maic Dashboard є логічним продовженням розробленої апаратної частини інформаційно-вимірювальної системи. Це середовище дає змогу об'єднати дані від енергомонітора D101, двох модулів D105-EA та підключених до них давачів в одній інформаційній панелі. Завдяки цьому користувач може контролювати електричні, теплові, механічні та паливно-експлуатаційні параметри генератора в реальному часі. Зокрема, у Dashboard можуть відображатися напруга, струм, потужність, електрична енергія, температура двигуна, частота обертання, витрачений об'єм палива, фактичний рівень палива в баку, залишок бензину в літрах та орієнтовний час автономної роботи. У наступному підпункті доцільно сформулювати конкретний перелік параметрів, які повинні відображатися в середовищі моніторингу, а також визначити відповідні типи віджетів для кожної групи даних.

3.2 Формування переліку контрольованих параметрів для відображення у середовищі моніторингу

Після визначення ролі Smart-Maic Dashboard як середовища відображення даних необхідно сформулювати перелік параметрів, які мають бути виведені на інформаційну панель користувача. У цьому підпункті основна увага приділяється не схемам підключення, а структурі відображення даних: які саме параметри потрібно показувати, з яких пристроїв вони надходять, у яких одиницях вимірювання подаються та який тип віджета доцільно застосувати. Для зручності сприйняття всі параметри поділено на функціональні групи: електричні параметри, технічні параметри двигуна,

експлуатаційні параметри та паливні параметри. Такий поділ дозволяє не перевантажувати інформаційну панель випадковими значеннями, а сформувати логічну структуру моніторингу роботи бензинового генератора.

Електричні параметри є першою і найважливішою групою даних, оскільки вони характеризують якість резервного електропостачання та фактичне навантаження генератора. До цієї групи належать напруга, струм, активна потужність, електрична енергія, коефіцієнт потужності та розрахунковий відсоток завантаження генератора. Джерелом цих даних є енергомонітор smart-MAIC D101, який у розроблюваній системі відповідає за вимірювання електричних параметрів генераторної лінії. У списку даних пристрою ці параметри можуть відображатися як L1-Voltage, L1-Current, L1-Power, L1-Energy та L1-Power Factor. Оскільки генератор Könnor & Söhnen KS 7000 є однофазним, для інформаційної панелі достатньо використовувати параметри першої лінії L1, яка відповідає контролюваній генераторній лінії. Для відображення поточних значень напруги, струму, активної потужності та коефіцієнта потужності доцільно використовувати цифрові індикатори, оскільки вони дають можливість швидко оцінити стан генератора в конкретний момент часу. Накопичене значення електричної енергії можна подавати у вигляді окремого індикатора, табличного віджета або графіка за певний період роботи.

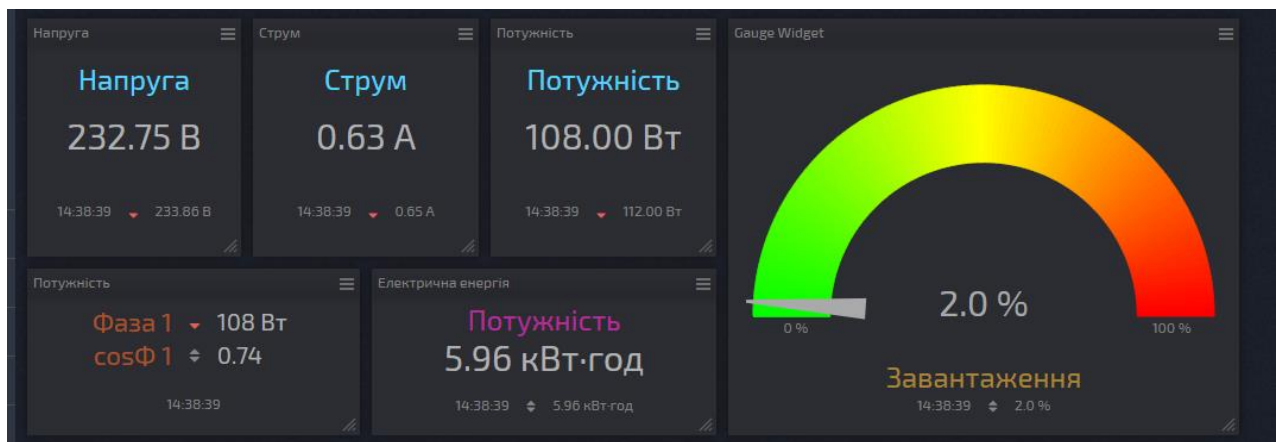


Рисунок 3.3 - Демонстраційний приклад групування параметрів бензинового генератора в Smart-Maic Dashboard

На рисунку 3.3 наведено демо приклад відображення електричних параметрів генератора в середовищі Smart-Maic Dashboard. У цьому блоці інформаційної панелі показуються основні величини, які характеризують роботу генератора як джерела електричної енергії: напруга, струм, активна потужність, електрична енергія, коефіцієнт потужності та завантаження генератора у відсотках. Таке відображення дає змогу користувачу швидко визначити, чи відповідає напруга робочому значенню, яке навантаження підключене до генератора, який струм проходить через генераторну лінію та чи не наближається потужність до допустимої межі. У документації щодо налаштування індикаторів зазначено, що віджети-індикатори призначені для відображення даних у режимі реального часу, тому вони є зручними для поточного контролю електричних параметрів [23].

Окремим розрахунковим показником у групі електричних параметрів є відсоток завантаження генератора. Його доцільно відображати в Dashboard, оскільки користувачу простіше оцінювати навантаження не лише у ватах або кіловатах, а й у відсотках від номінальної потужності генератора. Для генератора Könnner & Söhnen KS 7000 номінальна потужність становить 5,0 кВт [1]. Відсоток завантаження можна визначити за формулою:

$$K_{\text{зав}} = \frac{P_{\text{факт}}}{P_{\text{ном}}} \times 100 \quad (3.1)$$

де $K_{\text{зав}}$ - завантаження генератора, %; $P_{\text{факт}}$ - фактична активна потужність навантаження, кВт; $P_{\text{ном}}$ - номінальна потужність генератора, кВт. Якщо фактична потужність у Dashboard відображається у ватах, тоді для розрахунку можна використовувати номінальне значення 5000 Вт. Наприклад, якщо фактичне навантаження становить 124 Вт, тоді завантаження генератора дорівнює:

$$K_{\text{зав}} = \frac{124}{5000} \times 100 = 2,48\% \quad (3.2)$$

Такий показник може бути сформований як розрахункове значення на основі даних активної потужності L1-Power. У матеріалі про складні функції в налаштуваннях віджету зазначено, що в Dashboard можна використовувати інструмент $f(x)$ для створення розрахункових параметрів на основі даних, які вже контролює пристрій [25]. Це дозволяє не обмежуватися лише вимірними величинами, а формувати додаткові показники, зручні для користувача.

Частота вихідної напруги також є важливим параметром для оцінювання роботи бензинового генератора, однак у налаштованому списку параметрів енергомонітора smart-MAIC D101 вона не відображається як окреме доступне значення. Тому в межах інформаційної панелі Smart-Maic Dashboard основними електричними параметрами прийнято напругу, струм, активну потужність, електричну енергію, коефіцієнт потужності та розрахункове завантаження генератора. Контроль частоти може виконуватися за штатним індикатором генератора або бути доданий у систему за наявності окремого вимірювального каналу, який передає частоту до середовища моніторингу.

Другою групою параметрів, які відображаються у середовищі Smart-Maic Dashboard, є технічні та експлуатаційні параметри двигуна генератора. До цієї групи віднесено температуру двигуна, частоту обертання, стан роботи генератора та накопичений час роботи. Ці параметри характеризують не якість вихідної напруги, а стан приводної частини генератора, тобто двигуна внутрішнього згоряння. Їх відображення є важливим, оскільки навіть за нормальних електричних показників двигун може працювати в небажаному режимі, наприклад із підвищеною температурою, нестабільними обертами або надмірною тривалістю безперервної роботи.

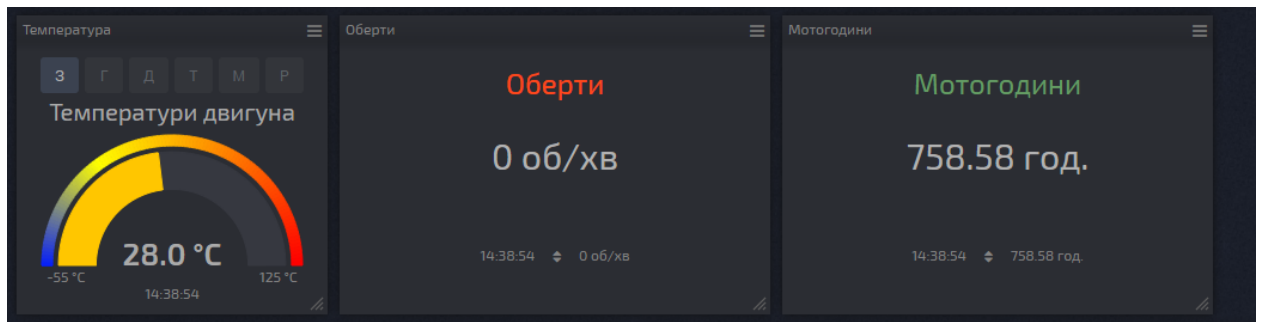


Рисунок 3.4 - демонстраційний приклад відображення технічних параметрів двигуна генератора в Smart-Maic Dashboard

На рисунку 3.4 наведено приклад відображення технічних та експлуатаційних параметрів двигуна бензинового генератора в середовищі Smart-Maic Dashboard. На інформаційній панелі показано температуру двигуна, оберти двигуна, стан генератора та час роботи. Такий набір параметрів дозволяє користувачу оцінити не лише факт роботи генератора, а й умови, у яких працює його двигун. Температура та оберти характеризують поточний технічний стан, а стан роботи і мотогодини дають змогу контролювати режим експлуатації генератора.

Температура двигуна на інформаційній панелі відображається у вигляді стрілочного або цифрового індикатора з числовим значенням у градусах Цельсія. У розроблюваній системі цей параметр формується за допомогою датчика DS18B20, який підключений до температурного каналу T1 модуля smart-MAIC D105-EA №1. У середовищі Dashboard для відповідного віджета вибирається параметр T1, який відображає температуру контрольної зони двигуна. Контроль температури використовується для оцінювання теплового стану двигуна та своєчасного виявлення можливого перегрівання. Підвищення температури може бути наслідком тривалої роботи генератора, перевантаження, недостатньої вентиляції, забруднення елементів охолодження або неправильного розміщення установки. Виведення цього параметра в Dashboard дає змогу користувачу контролювати тепловий режим без безпосереднього огляду генератора.

Частота обертання двигуна відображається в обертах за хвилину. У системі цей параметр визначається на основі імпульсів від магнітного давача NJK-5002C, який підключений до імпульсного входу Ch1 модуля smart-MAIS D105-EA №1. Давач не передає готове значення частоти обертання, а формує імпульсний сигнал під час проходження магніта повз його чутливу частину. Якщо на обертовому елементі встановлено один магніт, то один імпульс відповідає одному оберт. Тому значення обертів у Dashboard формується розрахунково на основі сигналу з каналу Ch1. Якщо генератор не працює або імпульси від давача не надходять, значення обертів на панелі дорівнює нулю, що відповідає відсутності обертання двигуна.

Окремо на панелі відображається стан роботи генератора. Цей параметр подається у вигляді індикатора стану, наприклад ON або OFF, що дозволяє швидко визначити, чи перебуває генератор у робочому режимі. Стан роботи може визначатися за наявністю вихідної напруги, за надходженням імпульсів від давача обертів на канал Ch1 або за активним обліком часу роботи. Такий індикатор є зручним для користувача, оскільки дає змогу одразу оцінити загальний стан установки без детального аналізу всіх інших показників.

Параметр часу роботи відображає накопичену тривалість експлуатації генератора. У технічному описі цей показник розглядається як мотогодини, тобто сумарний час роботи двигуна. Мотогодини можуть формуватися на основі сигналу факту роботи генератора, наприклад за активністю імпульсного каналу Ch1 або за іншим сигналом, який підтверджує роботу двигуна. Якщо початкове значення часу роботи формується в секундах, воно може бути перераховане у години шляхом ділення на 3600. Мотогодини є важливим експлуатаційним параметром, оскільки на їх основі можна планувати технічне обслуговування генератора: заміну мастила, перевірку або очищення повітряного фільтра, огляд паливної системи та інші регламентні роботи.

Для відображення технічних параметрів двигуна використовуються цифрові та стрілочні індикатори. У матеріалах щодо налаштування індикаторів Smart-Maіc зазначено, що такі віджети призначені для відображення даних у режимі реального часу [23]. Це робить їх зручними для контролю температури, обертів, стану роботи та мотогодин. Модуль smart-MAIC D105-EA у цій системі використовується для приймання сигналів від температурного давача та імпульсних входів [12]. Облік часу роботи генератора може використовуватися як основа для формування параметра мотогодин, що потрібний для планування технічного обслуговування [26].

Третьою групою параметрів, які відображаються у середовищі Smart-Maіc Dashboard, є паливні параметри генератора. До цієї групи віднесено фактичний рівень палива в баку, залишок палива в літрах, орієнтовний залишок часу автономної роботи та витрачений об'єм палива. На відміну від електричних параметрів, які характеризують навантаження генератора, і технічних параметрів, які описують стан двигуна, паливні параметри дають змогу оцінити автономність роботи установки. Їх відображення є важливим для резервного електропостачання приватного будинку, оскільки користувач повинен розуміти не лише скільки палива вже витрачено, а й який фактичний запас бензину залишається в баку та скільки часу генератор ще зможе працювати без дозаправлення.

У цій частині системи датчик рівня палива ДУ-04 А-5 використовується для визначення фактичного запасу бензину в баку за аналоговим сигналом 0–5 В. На основі цього сигналу в середовищі моніторингу може відображатися рівень палива у відсотках, залишок бензину в літрах та орієнтовний залишок часу автономної роботи. Відповідні розрахункові залежності наведено в пункті 2.3.4, тому у Dashboard ці показники можуть бути реалізовані як віртуальні значення.

Витратомір OF05ZAT G1/2 DN15 у цій групі параметрів виконує іншу функцію. Він використовується не для визначення фактичного залишку

палива в баку, а для обліку витраченого об'єму бензину за імпульсним сигналом. Тобто датчик рівня палива показує поточний запас бензину, а витратомір дає змогу оцінити фактичне паливоспоживання генератора за певний проміжок часу. Такий поділ є важливим, оскільки залишок палива визначається за сигналом датчика рівня, а витратомір використовується як додатковий засіб аналізу витрати палива.

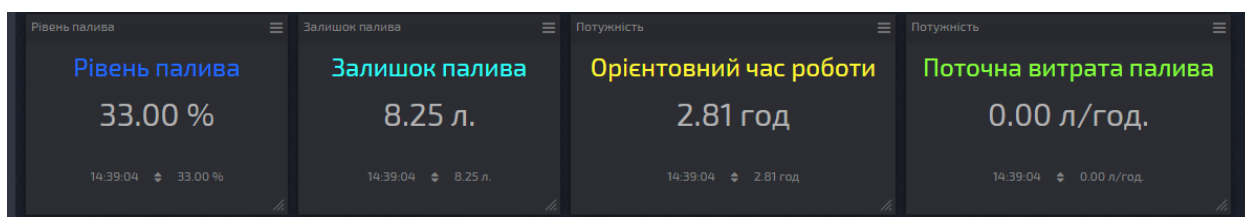


Рисунок 3.5 - Демонстраційний приклад відображення паливних параметрів генератора в Smart-Maic Dashboard

На рисунку 3.5 наведено приклад відображення паливних параметрів генератора в середовищі Smart-Maic Dashboard. Для цієї групи параметрів створено окрему інформаційну панель, яка дозволяє користувачу швидко оцінити запас палива в баку та орієнтовну тривалість подальшої автономної роботи генератора. На панелі відображаються чотири основні показники: рівень палива, залишок палива, орієнтовний час роботи та витрачений об'єм палива.

Показник «Рівень палива» відображається у відсотках і показує фактичне заповнення паливного бака генератора. У розроблюваній системі цей параметр формується на основі аналогового сигналу від датчика рівня палива ДУ-04 А-5, який підключений до аналогового входу модуля smart-MAIC D105-EA №2. Оскільки датчик формує сигнал у межах 0–5 В, у Dashboard виконується перерахунок цього сигналу у відсотки. У наведеному прикладі рівень палива становить 33,00 %, тобто бак заповнений приблизно на третину.

Показник «Залишок палива» є розрахунковим і показує кількість бензину, що залишається в паливному баку генератора. Для генератора Köpner & Söhnen KS 7000 об'єм паливного бака становить 25 л, тому значення рівня

палива може бути перераховане у літри. У прикладі на рисунку 3.5 при рівні палива 33,00 % залишок бензину становить 8,25 л. Такий показник є зручнішим для користувача, ніж лише відсоткове значення, оскільки він одразу показує приблизну кількість доступного палива.

Показник «Орієнтовний час роботи» також є розрахунковим. Він визначається на основі залишку палива в літрах і прийнятої середньої витрати бензину. У наведеному прикладі при залишку 8,25 л орієнтовний час автономної роботи генератора становить 2,8 год. Цей параметр має практичне значення, оскільки дозволяє користувачу завчасно оцінити, чи вистачить палива для подальшого живлення споживачів, або чи потрібно виконати дозаправлення генератора.

Показник «Витрачений об'єм палива» формується на основі імпульсів від витратоміра OF05ZAT G1/2 DN15, який підключений до імпульсного входу модуля smart-MAIC D105-EA №2. На відміну від датчика рівня палива, який показує поточний запас бензину в баку, витратомір використовується для обліку кількості палива, що пройшла через паливну магістраль. У середовищі Dashboard цей параметр може використовуватися для контролю витрати бензину за певний період роботи генератора. У наведеному прикладі значення 0,00 л означає, що витрачений об'єм ще не зафіксований або відлік перебуває на початковому значенні.

3.3 Архівування даних, аналіз режимів роботи та формування попереджувальних станів

Після формування інформаційної панелі в середовищі Smart-Maіc Dashboard важливим етапом є налаштування візуалізації, архівування та подальшого аналізу даних, що надходять від енергомонітора smart-MAIC D101 і модулів smart-MAIC D105-EA. Якщо в підпункті 3.2 основну увагу було зосереджено на відображенні поточних параметрів генератора, то в цьому

підпункті доцільно розглянути використання графічних віджетів для аналізу зміни параметрів у часі. Такий підхід дає змогу не лише спостерігати поточний стан бензинового генератора Könnor & Söhnen KS 7000, а й оцінювати характер його роботи під час резервного електропостачання приватного будинку [20; 21; 22; 23; 27; 28].

У середовищі Smart-Maic Dashboard для аналізу даних доцільно використовувати графіки різних типів, зокрема лінійні графіки, площинні графіки та гістограми. Вибір конкретного типу графіка залежить від характеру параметра, який відображається. Для параметрів, що змінюються плавно, наприклад температури двигуна, доцільно застосовувати лінійний графік. Для потужності генератора, яка може змінюватися залежно від навантаження, також зручним є лінійний графік або графік типу «площа». Для паливних параметрів, зокрема рівня палива та витрат коштів, доцільно використовувати поєднання графічного і розрахункового відображення [25; 28].



Рисунок 3.6 - Демонстраційний приклад графіка зміни температури двигуна генератора в Smart-Maic Dashboard

Першим параметром, який доцільно аналізувати в архівному режимі, є температура двигуна генератора. Цей параметр надходить від датчика

DS18B20, підключеного до температурного каналу T1 першого модуля smart-MAIC D105-EA №1. У середовищі Dashboard температура може відображатися не лише як поточне значення на цифровому чи стрілочному індикаторі, а й у вигляді графіка, що показує зміну температури протягом часу. Такий графік дозволяє оцінити, як прогрівається двигун після запуску, як змінюється його тепловий режим під навантаженням і чи не виникають ознаки перегрівання [23; 27].

Другим важливим параметром для аналізу є активна потужність генератора. Саме цей параметр найбільш наочно показує, як змінювалося електричне навантаження під час роботи резервного джерела живлення. Активна потужність вимірюється енергомонітором smart-MAIC D101 і відображається у Dashboard через параметр d.W1. Оскільки значення надходить у ватах, для зручності аналізу доцільно перетворити його у кіловати [11; 27].

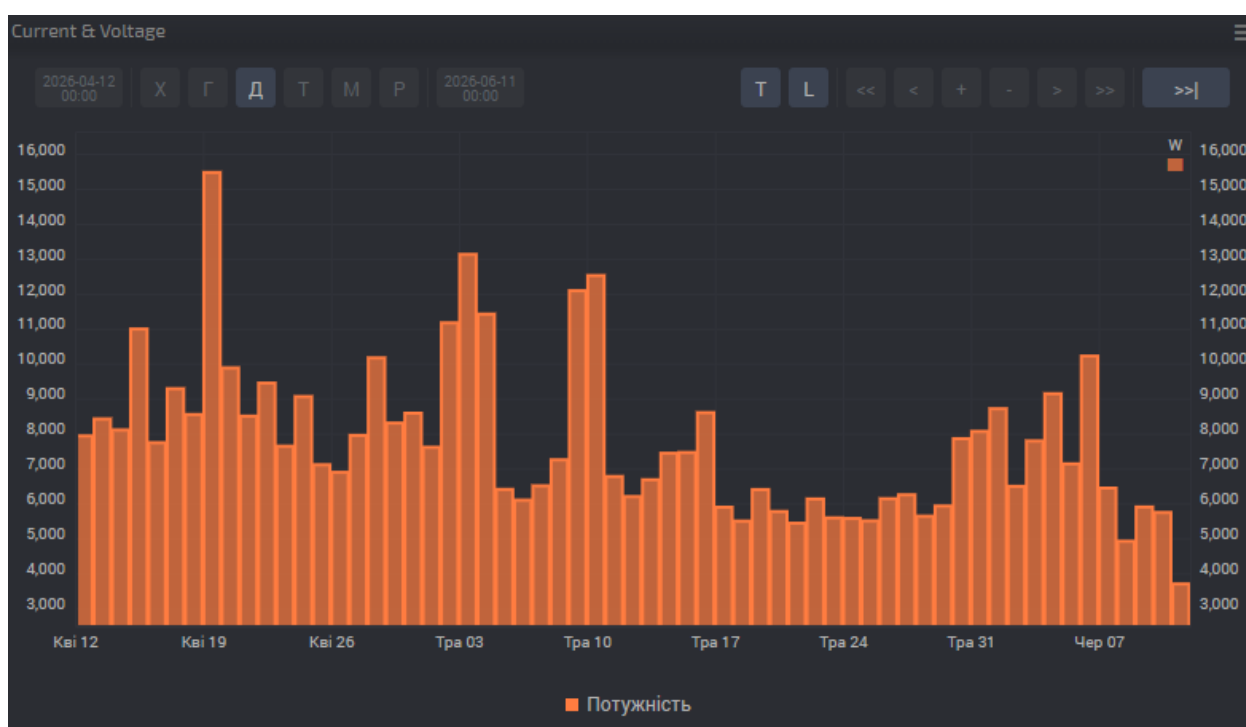


Рисунок 3.7 - Демонстраційний приклад графіка зміни активної потужності генератора в Smart-Maic Dashboard

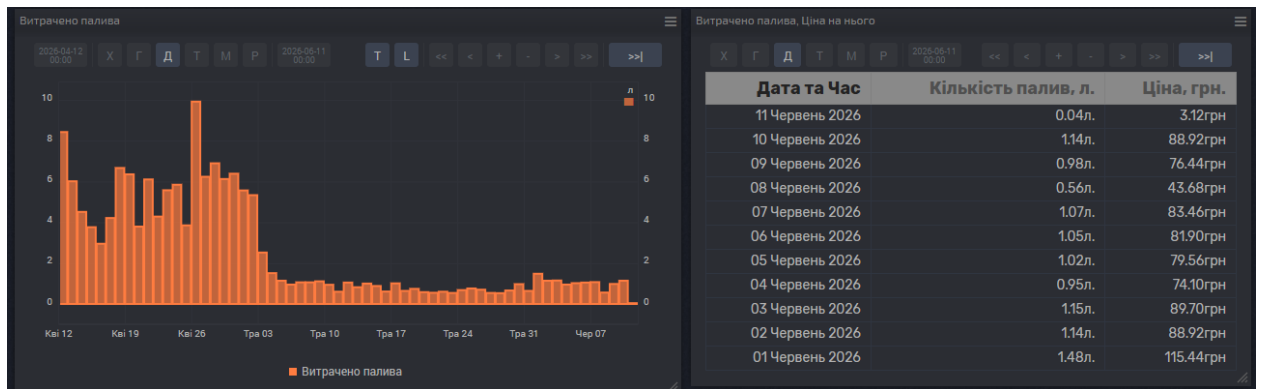


Рисунок 3.8 - Демонстраційний приклад аналізу паливних параметрів та витрат коштів у Smart-Maic Dashboard

На рисунку 3.8 наведено приклад графічного та табличного аналізу витрати палива бензинового генератора в середовищі Smart-Maic Dashboard. Для цього використано дані від витратоміра, підключеного до імпульсного входу модуля smart-MAIC D105-EA №2. На відміну від індикатора рівня палива, який показує поточний запас бензину в баку, даний графік дає змогу оцінити саме об'єм палива, витрачений за певний проміжок часу.

Для відображення витрати палива використано стовпчиковий графік. Такий тип графіка є зручним для порівняння витрати бензину за окремі часові інтервали, наприклад за день, тиждень або місяць. На рисунку видно, що значення витраченого палива змінюється залежно від інтенсивності роботи генератора. У періоди більшого навантаження або тривалішої роботи генератора витрата палива зростає, а в періоди меншого використання - зменшується. Поруч із графіком наведено табличне відображення результатів. У таблиці показано дату, кількість витраченого палива в літрах та розрахункову вартість використаного бензину. Наприклад, 10 червня 2026 року витрата палива становила 1,14 л, а відповідні витрати коштів - 88,92 грн. 11 червня 2026 року витрата становила лише 0,04 л, що відповідає 3,12 грн. Такий спосіб подання даних дозволяє користувачу швидко оцінити не тільки технічні показники роботи генератора, а й економічні витрати на його експлуатацію.

3.4 Висновок до Розділу 3

У третьому розділі було розглянуто практичну реалізацію відображення, візуалізації та аналізу даних інформаційно-виміральної системи контролю роботи бензинового генератора Könnert & Söhnen KS 7000 у середовищі Smart-Maic Dashboard. На основі вибраних у попередньому розділі модулів smart-MAIC D101 та smart-MAIC D105-EA було сформовано інформаційну панель користувача, яка дозволяє відображати основні електричні, технічні та паливно-експлуатаційні параметри генератора.

Для електричної частини генератора в Dashboard було передбачено відображення напруги, струму, активної потужності, електричної енергії, коефіцієнта потужності та відсотка завантаження генератора. Відсоток завантаження було реалізовано як розрахунковий параметр, де за 100 % прийнято максимальну потужність генератора 5,5 кВт. Це дозволяє користувачу швидко оцінювати, наскільки генератор завантажений у конкретний момент часу, і своєчасно реагувати на наближення до граничного режиму роботи.

Для контролю технічного стану двигуна було реалізовано відображення температури, обертів та мотогодин. Температура двигуна контролюється за допомогою датчика DS18B20, підключеного до модуля D105-EA, а імпульсний сигнал від датчика NJK-5002C використовується для оцінювання роботи обертової частини генератора. Показник мотогодин розглядається як накопичена тривалість роботи генератора і може використовуватися для планування технічного обслуговування, зокрема перевірки стану генератора та заміни мастила згідно з регламентом виробника.

Окрему увагу в розділі приділено паливним параметрам. У Dashboard було реалізовано відображення рівня палива у відсотках, залишку палива в літрах, орієнтовного часу автономної роботи та поточної витрати бензину. Рівень і залишок палива визначаються на основі аналогового сигналу датчика рівня палива ДУ-04 А-5, а витрата бензину - за імпульсами витратоміра OF05ZAT

G1/2 DN15. Таке поєднання дозволяє користувачу контролювати як фактичний запас бензину в баку, так і об'єм палива, витрачений за певний проміжок часу.

Також у розділі було показано можливість використання графіків та таблиць для аналізу роботи генератора. Графік температури дозволяє оцінити тепловий режим двигуна, графік потужності - характер зміни навантаження, а графік витраченого палива разом із таблицею витрат дає змогу визначити, скільки бензину було використано за день, тиждень або місяць, а також яку суму коштів було витрачено на пальне. Завдяки цьому система виконує не лише функцію поточного моніторингу, а й забезпечує збереження та аналіз експлуатаційних даних.

ВИСНОВОК

У бакалаврській роботі було розроблено інформаційно-вимірювальну систему контролю роботи бензинового генератора Könnner & Söhnen KS 7000 для забезпечення стійкої роботи резервного електропостачання приватного будинку. Актуальність такої системи пов'язана з тим, що під час використання генератора важливо контролювати не лише факт його роботи, а й основні електричні, технічні та експлуатаційні параметри. Це дає змогу своєчасно виявляти небажані режими, оцінювати навантаження, контролювати паливний запас і приймати рішення щодо дозаправлення, зменшення навантаження або технічного обслуговування.

У першому розділі було проаналізовано бензиновий генератор як об'єкт контролю інформаційно-вимірювальної системи. Встановлено, що генератор є електромеханічною установкою, робота якої залежить від стану двигуна внутрішнього згоряння, генераторної частини, паливної системи, системи охолодження та зовнішнього навантаження. Для генератора Könnner & Söhnen KS 7000 було визначено основні контрольовані параметри: напруга, струм, активна потужність, електрична енергія, коефіцієнт потужності, температура двигуна, частота обертання, мотогодини, рівень палива, залишок палива, витрата бензину та орієнтовний час автономної роботи. Також було розглянуто сучасні системи віддаленого моніторингу генераторних установок і зроблено висновок, що доцільним є використання платформи Smart-Maіc для збору, передавання, відображення та архівування даних.

У другому розділі було розроблено апаратну частину інформаційно-вимірювальної системи. Для контролю електричних параметрів генераторної лінії обрано енергомонітор smart-MAIC D101, який дозволяє вимірювати напругу, струм, потужність, електричну енергію та інші електричні величини. Для контролю технічних і паливних параметрів використано модулі smart-MAIC D105-EA. До першого модуля підключено датчик температури

DS18B20 та магнітний датчик NJK-5002C, а до другого - датчик рівня палива ДУ-04 А-5 та витратомір OF05ZAT G1/2 DN15. Було обґрунтовано вибір кожного елемента системи, описано його призначення, характеристики та спосіб підключення.

У цьому ж розділі було розроблено структурну та принципову схему інформаційно-вимірювальної системи. Силова частина системи передбачає підключення генератора через двополюсний автоматичний вимикач і автоматичний ввід резерву до резервної групи споживачів приватного будинку. Вимірювальна частина складається з модулів Smart-Maic та підключених до них давачів. Такий підхід дозволяє розділити силову та інформаційно-вимірювальну частини системи, що підвищує зручність монтажу, обслуговування та подальшого аналізу параметрів роботи генератора.

У третьому розділі було реалізовано відображення та аналіз параметрів генератора в середовищі Smart-Maic Dashboard. Було створено інформаційну панель, на якій відображаються електричні, технічні та паливно-експлуатаційні параметри генератора. Для електричної частини передбачено індикатори напруги, струму, активної потужності, електричної енергії, коефіцієнта потужності та відсотка завантаження генератора. Для технічної частини відображаються температура двигуна, оберти та мотогодини. Для паливної частини реалізовано показ рівня палива, залишку палива в літрах, орієнтовного часу роботи, поточної витрати палива та витрат коштів на пальне.

Також у третьому розділі було показано можливість використання графіків і таблиць для аналізу роботи генератора. Графік температури дозволяє оцінювати тепловий режим двигуна, графік потужності - характер зміни електричного навантаження, а графік витраченого палива разом із таблицею витрат дає змогу визначати об'єм бензину, використаний за певний період, і відповідні фінансові витрати. Це робить систему корисною не лише

для поточного контролю, а й для аналізу попередніх режимів роботи генератора.

У результаті виконання бакалаврської роботи було досягнуто поставленої мети - розроблено інформаційно-вимірювальну систему контролю роботи бензинового генератора для резервного електропостачання приватного будинку. Запропонована система дозволяє комплексно контролювати роботу генератора, оцінювати рівень навантаження, технічний стан двигуна, запас і витрату палива, а також аналізувати роботу генератора за певний період часу. Практичне значення розробленої системи полягає в тому, що вона підвищує зручність експлуатації генератора, допомагає користувачу своєчасно реагувати на небажані режими роботи та сприяє більш надійному функціонуванню резервного електропостачання приватного будинку.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Könnner & Söhnen. Інструкція з експлуатації бензинового генератора KS 7000: веб-сайт. URL: https://konner-sohnen.com.ua/cdn/shop/files/Generators_GSL_UA.pdf?v=13871673700214452594 (дата звернення: 11.06.2026).
2. Rose D. Electricity Generator Automation Prototype. 2023р. веб-сайт. URL: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/812183/Mohammad_Rose.pdf?sequence=2 (дата звернення: 11.06.2026).
3. Блок автоматичного контролю стану електромережі для бензинового генератора. веб-сайт. URL: <https://surl.li/xbhhon> (дата звернення: 11.06.2026).
4. ДУ-04 А-5. Керівництво та інструкція з експлуатації датчика рівня палива. веб-сайт. URL: <https://ota.com.ua/wp-content/plugins/download-attachments/includes/download.php?id=178> (дата звернення: 11.06.2026).
5. Датчик рівня палива ДУ-04 (аналоговий). веб-сайт. URL: <https://transcontrol.com.ua/oborudovanie-gps/datchyky-rivnia-palyva-drp/datchiki-urovnya-topлива-provodnye/datchyk-rivnya-palyva-du-04-analogovyj> (дата звернення: 11.06.2026).
6. Remote Communications & Overview Displays веб-сайт. URL: <https://www.deepseaelectronics.com/genset/remote-communications-overview-displays/> (дата звернення: 11.06.2026).
7. ComAp. IntelliMonitor: програмне забезпечення для онлайн-моніторингу та керування обладнанням ComAp. веб-сайт. URL: <https://www.comap-control.com/products/software-tools/monitoring-tools/pc-monitoring-tools/intelimonitor/> (дата звернення: 11.06.2026).
8. АКСП. Віддалений моніторинг палива та генераторів. веб-сайт. URL: <https://www.akcp.com/remote-fuel-and-generator-monitoring/> (дата звернення: 11.06.2026).

9. Technoton / UNUM Genset. Віддалений моніторинг та аналітика генератора. веб-сайт. URL: <https://unum-genset.com> (дата звернення: 11.06.2026).
10. Smart-MAIC support. База знань з налаштування та роботи платформи Smart-MAIC Dashboard. веб-сайт. URL: <https://support.smart-maic.com/> (дата звернення: 11.06.2026).
11. smart-MAIC. Посібник користувача енергомонітора D101. веб-сайт. URL: <https://smart-maic.com/manual/d101.html#> (дата звернення: 11.06.2026).
12. smart-MAIC. Посібник користувача модуля D105 / D105-EA. веб-сайт. URL: <https://smart-maic.com/manual/d105.html#> (дата звернення: 11.06.2026).
13. smart-MAIC support. Підключення витратомірів з імпульсним виходом до модуля D105. веб-сайт. URL: <https://support.smart-maic.com/uk/knowledge-bases/2/articles/154-d105-pdklyuchennya-vitratomrv-z-mpulsnim-vihodom> (дата звернення: 11.06.2026).
14. Розумний лічильник електроенергії, однофазний. веб-сайт. URL: <https://surl.li/rnqmpx> (дата звернення: 11.06.2026).
15. Підключення датчика температури DS18B20 до модуля D105. веб-сайт. URL: <https://support.smart-maic.com/uk/knowledge-bases/2/articles/150-d105-pdklyuchennya-datchika-temperaturi-ds18b20> (дата звернення: 11.06.2026).
16. DS18B20. Технічний опис цифрового датчика температури. веб-сайт. URL: <https://surl.lt/givvkc> (дата звернення: 11.06.2026).
17. Allelco. Принцип роботи датчиків Холла. веб-сайт. URL: <https://ua.allelcoelec.com/blog/How-Hall-Effect-Sensors-Work-Types,Pin-Diagram-and-Applications.html> (дата звернення: 11.06.2026).

- 18.NJK-5002C. Технічний опис магнітного датчика . веб-сайт. URL: <https://stack.in.ua/ua/p1499760356-datchik-polozheniya-magnitnyj.html> (дата звернення: 11.06.2026).
- 19.OF05ZAT Liquid Flow Sensor. Технічний опис витратоміра рідини з імпульсним виходом. веб-сайт. URL: <https://surl.li/ifrdpz> (дата звернення: 11.06.2026).
- 20.Відео-інструкція по роботі індикаторів у Dashboard. веб-сайт. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=tCKG0MT5mYk> (дата звернення: 11.06.2026).
- 21.Відео-інструкція по роботі графіків у Dashboard. веб-сайт. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ofL3H4kuIac> (дата звернення: 11.06.2026).
- 22.Відео-інструкція по роботі з інтерфейсом у Dashboard. веб-сайт. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=P5sRvpStO6E> (дата звернення: 11.06.2026).
- 23.Налаштування індикаторів у Dashboard. веб-сайт. URL: <https://support.smart-maic.com/uk/knowledge-bases/2/articles/29-nalashtuvannya-ndikatorv> (дата звернення: 11.06.2026).
- 24.Підключення до бездротової мережі WiFi 2.4 ГГц. веб-сайт. URL: <https://support.smart-maic.com/uk/knowledge-bases/2/articles/18-pdklyuchennya-do-bezdrotovo-merezh-wifi-24-ggts> (дата звернення: 11.06.2026).
- 25.Складні функції в настройках віджету Dashboard. веб-сайт. URL: <https://support.smart-maic.com/uk/knowledge-bases/2/articles/104-skladn-funkts-v-nastroykah-vdzhetu> (дата звернення: 11.06.2026).
- 26.D105: час роботи обладнання / мотогодини. веб-сайт. URL: <https://support.smart-maic.com/uk/knowledge-bases/2/articles/784-d105-chas-roboti-obladnannya-motogodini> (дата звернення: 11.06.2026).

- 27.Настройки графіків у Dashboard. веб-сайт. URL: <https://support.smart-maic.com/uk/knowledge-bases/2/articles/31-nastrojki-grafikov> (дата звернення: 11.06.2026).
- 28.Типи графіків у Dashboard. веб-сайт. URL: <https://support.smart-maic.com/uk/knowledge-bases/2/articles/30-tipi-grafky> (дата звернення: 11.06.2026).
- 29.П.Р. Ващишак, П.М. Райтер, В.С. Цих, А.В. Яворський В 23 Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних робіт для здобувачів освітнього рівня бакалавр за освітньою програмою «Інженерія відновлюваної енергетики» спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно вимірювальна техніка». – Івано- Франківськ: ІФНТУНГ, 2025.— 33 с.