



Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет \_\_\_\_\_ комп'ютерної інженерії та управління \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ електронних обчислювальних машин \_\_\_\_\_

Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ перший (бакалаврський) \_\_\_\_\_

Спеціальність \_\_\_\_\_ 123 «Комп'ютерна інженерія» \_\_\_\_\_  
(код і повна назва)

Тип програми \_\_\_\_\_ освітньо-професійна \_\_\_\_\_  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма \_\_\_\_\_ Комп'ютерна інженерія \_\_\_\_\_  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувачеві \_\_\_\_\_ Коліснику Данілу Дмитровичу \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ Система підтримки рівня води у водонапірній ємності \_\_\_\_\_

затверджена наказом по університету від “ 26 ” травня 2025 р. № 424 Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_ 17 червня 2025 р.

3. Вхідні дані до роботи \_\_\_\_\_

1) теоретичні матеріали, щодо принципів роботи систем водопостачання;

2) теоретичні матеріали щодо роботи контролерів рівня води;

3) теоретичні матеріали щодо роботи систем СЕС;

4) завдання на розробку системи.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі \_\_\_\_\_

1) виконати аналіз предметної області;

2) провести огляд та вибір технічних засобів реалізації системи;

3) розробити структуру інтелектуальної системи;

4) реалізувати сценарії керування системою;

5) зробити висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій \_\_\_\_\_

Слайд-презентація – 12 слайдів \_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

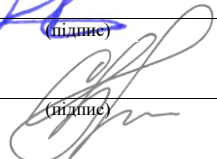
### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Строк / терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз проблеми та огляд існуючих рішень	27.05.25-30.05.25	
2	Розробка концепції побудови системи	31.05.25-01.06.25	
3	Вибір контролера для керування насосною станцією	02.06.25-03.06.25	
4	Вибір обладнання, що відповідає за логіку роботи системи	04.06.25-05.06.25	
5	Вибір елементів інтеграції до домашньої СЕС	06.06.25-07.06.25	
6	Розробка структури системи контролю та реалізація сценаріїв на платформі Tuua	08.06.25-09.06.25	
7	Оформлення матеріалів атестаційної роботи	10.06.25-11.06.25	
8	Подання атестаційної роботи керівникові та її попередній захист	12.06.25-13.06.25	
9	Подання атестаційної роботи на рецензування	14.06.25-16.06.25	

Дата видачі завдання “ 26 ” травня 2025 р.

Здобувач

  
(підпис)

  
(підпис)

Керівник роботи

доц. Станіслав БОВЧАЛЮК  
(посада, власне ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 64 с., 25 рис., 2 табл.,  
2 дод., 16 джерел

### СИСТЕМИ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ВОДОПОСТАЧАННЯ, TUYA SMART, WI-FI, КОНТРОЛЕР, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка простої у реалізації та обслуговуванні, надійної та безпечної системи підтримання рівня води у ємності, з можливістю оптимізації економічних витрат користувача за рахунок врахування добових змін вартості електричної енергії та наявності домашньої СЕС.

У ході виконання кваліфікаційної роботи зроблено огляд типових систем організації водопостачання, розроблено концепцію побудови системи керування обладнанням, зроблено вибір контролера для керування насосною станцією, виконано вибір обладнання, що відповідає за логіку роботи системи, обрано елементи інтеграції системи до домашньої СЕС. Розроблено загальну структуру системи та реалізовано сценарії керування обладнанням на платформі TuYa Smart.

У результаті виконаної роботи було розроблено сучасну, надійну та доступну систему автоматизованого керування насосною станцією, що базується на компонентах з підтримкою платформи TuYa Smart.

## ABSTRACT

Bachelor's thesis: 64 pages, 25 figures, 2 tables, 2 appendices, 16 sources.

WATER SUPPLY AND SANITATION SYSTEMS, TUYA SMART, WI-FI, CONTROLLER, SOLAR POWER PLANT.

The purpose of the qualification work is to develop a simple to implement and maintain, reliable and safe system for maintaining the water level in the tank, with the ability to optimize the user's economic costs by taking into account daily changes in the cost of electricity and the availability of a home solar power plant.

In the course of the qualification work, an overview of typical water supply systems was made, a concept for building an equipment control system was developed, a controller was selected to control the pumping station, equipment responsible for the system's logic was selected, and elements of system integration into a home solar power plant were selected. The general structure of the system was developed and equipment control scenarios were implemented on the Tuya Smart platform.

As a result of the work performed, a modern, reliable and affordable automated pumping station control system based on components supporting the Tuya Smart platform was developed.

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ .....	7
ВСТУП .....	8
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ .....	12
1.1 Огляд типових систем організації водопостачання.....	12
1.2 Постановка завдання на розробку системи підтримки рівня води .....	18
2 ОГЛЯД ТА ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ РІВНЯ ВОДИ .....	21
2.1 Розробка концепції побудови системи .....	21
2.2 Вибір контролера для керування насосною станцією.....	25
2.3 Вибір обладнання, що відповідає за логіку роботи системи .....	29
2.4 Вибір елементів інтеграції до домашньої СЕС .....	40
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РІВНЯ ВОДИ .....	44
3.1 Розробка загальної структури системи.....	44
3.2 Реалізація сценаріїв на платформі Tuya Smart.....	47
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	53
ДОДАТОК А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	55
ДОДАТОК Б Публікації за темою кваліфікаційної роботи.....	62

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ПЛК – програмований логічний контролер

СЕС – сонячна електростанція

IoT – інтернет речей (англ., Internet of Things)

Bluetooth – технологія бездротового зв'язку

LoRa (LoRaWAN) – бездротова технологія далекого зв'язку з низьким енергоспоживанням (англ., Long Range Wide Area Network)

GSM – глобальна система мобільного зв'язку (англ., Global System for Mobile Communications)

MQTT – спрощений мережевий протокол (англ., Message Queue Telemetry Transport)

SCADA – диспетчерське управління і збір даних (англ., Supervisory Control And Data Acquisition)

Wi-Fi – вайфай (англ., Wireless Fidelity)

ZigBee – бездротовий стандарт передачі даних

## ВСТУП

Системи водопостачання відіграють критично важливу роль у забезпеченні життєдіяльності людства, розвитку економіки, охороні здоров'я та збереженні екологічної рівноваги. Вони є інфраструктурною основою будь-якого сучасного населеного пункту – від села до мегаполісу. Забезпечення населення, підприємств, сільського господарства та інших галузей стабільним і якісним водопостачанням є ключовою умовою сталого розвитку суспільства.

Найперше, значення водопостачання полягає у забезпеченні населення питною водою. Вода є базовою потребою кожної людини, і від її якості та доступності прямо залежить стан здоров'я населення. Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, дефіцит безпечної питної води є причиною мільйонів випадків захворювань щороку, особливо в регіонах із недостатньо розвиненою інфраструктурою. Надійні системи водопостачання дозволяють запобігати спалахам інфекційних хвороб, таких як холера, дизентерія чи гепатит А.

Окрім побутових потреб, вода є необхідною для промислового виробництва. Безперервне водопостачання забезпечує технологічні процеси у хімічній, металургійній, текстильній, харчовій та інших галузях. Охолодження устаткування, очищення сировини, генерація пари – усе це напряму залежить від наявності якісної води. Будь-які перебої у водопостачанні можуть призвести до зупинки виробництва, матеріальних збитків та загрози безпеці персоналу.

У сільському господарстві значення систем водопостачання не менш важливе. Зрошення полів, поїння худоби, технологічні потреби ферм та теплиць потребують великої кількості води, причому часто у регіонах зі складними кліматичними умовами. Сучасні фермерські господарства активно впроваджують автоматизовані системи водоподачі, що дозволяє підвищити

врожайність і раціонально використовувати водні ресурси. З огляду на зміну клімату та збільшення кількості посушливих регіонів, роль ефективного водозабезпечення сільського господарства буде лише зростати.

Ще одним важливим аспектом є пожежна безпека. Системи водопостачання, зокрема пожежні гідранти, водонапірні башти та резервуари, забезпечують критичні ресурси для гасіння пожеж. Їх наявність і справність є обов'язковою умовою при проектуванні будь-яких об'єктів житлової, громадської чи промислової інфраструктури.

Окрім практичного значення, водопостачання виконує важливу соціальну функцію. Забезпечення доступу до води – це питання соціальної справедливості та гідності людини. В ООН доступ до безпечної питної води визнано одним з основоположних прав людини [1]. Тому розвиток систем водопостачання є також завданням державної політики, особливо в сільських районах, де централізовані мережі часто відсутні або зношені.

З екологічної точки зору, правильно спроектовані системи водопостачання сприяють збереженню водних ресурсів. Використання сучасних технологій, зокрема енергоефективних насосів, систем рециркуляції та очищення стічних вод, дозволяє зменшити споживання води з природних джерел і знизити навантаження на екосистеми. Також важливо враховувати баланс між забором води й відновленням водних об'єктів, що є складовою концепції сталого водокористування.

Технічно системи водопостачання охоплюють водозабір, очищення, транспортування, зберігання та розподіл води. Кожен з цих етапів вимагає складної інженерної інфраструктури, яка повинна бути надійною, автоматизованою та здатною до адаптації в умовах змінних потреб. Особливої уваги заслуговують системи моніторингу та диспетчерського управління, які забезпечують оперативне реагування на аварії, витoki чи перевитрати.

У контексті енергетичної ефективності важливо підкреслити, що системи водопостачання споживають значну частину енергії – на насосне

обладнання, очищення води, підігрів тощо. Тому оптимізація витрат через автоматизацію, використання змінних частот приводів, врахування тарифів електроенергії та впровадження «розумних» систем стає пріоритетом для багатьох організацій та підприємств.

Слід також відзначити, що розвиток водопостачання тісно пов'язаний із загальним рівнем урбанізації, технічного прогресу та добробуту. Інвестиції в оновлення та модернізацію водопровідних систем мають довгострокову віддачу – вони знижують втрати, покращують якість життя громадян та сприяють економічному розвитку. В умовах глобальних викликів, таких як зміни клімату, зростання населення, дефіциту природних ресурсів, ефективно водопостачання стає одним з головних факторів безпеки й стабільності в майбутньому.

Системи автоматизації насосних установок, як частини організації системи водопостачання взагалі, є важливою складовою водозабезпечення в аграрному, промисловому, комунальному секторах, а також у звичайних домогосподарствах. Вони забезпечують оптимальну подачу води до ємностей накопичення, запобігаючи як перевитратам, так і дефіциту такого важливого ресурсу, як вода. Залежно від об'єму водоспоживання, типу об'єкта, структури водозабору та інших факторів, можливі різні варіанти побудови таких систем.

Дослідженням питань автоматизації насосних установок у складі систем безперебійного водопостачання, присвячено велику кількість наукових публікацій, методичної та довідникової літератури, готових інженерних і проектних рішень компаній виробників обладнання та інсталяторів. Також були спроби реалізації таких систем на базі контролерів паралельної дії. У якості прикладів можна навести [2, 3]. Але у переважній більшості робіт не враховуються можливі ситуації функціонування такої системи водопостачання у специфічних для конкретного господарства умовах або просто у ситуації специфічного набору вимог кінцевого користувача обладнання.

Таким чином актуальною є задача реалізації системи інтелектуального керування насосною станцією, що не вимагає великих фінансових вкладень, має хорошу повторюваність, простоту налагодження й експлуатації та дозволяє здійснювати її підтримку персоналом, що не має спеціальної підготовки. До того ж за вимогою замовника ця система має можливість бути інтегрованою до домашньої СЕС.

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Огляд типових систем організації водопостачання

Розглянемо основні підходи до побудови автоматизованих систем керування насосами, наведемо приклади готових рішень, охарактеризуємо їхні переваги та недоліки.

Системи автоматизації насосних установок умовно можна поділити на автономні, частково інтегровані та повністю інтегровані у диспетчерські системи. Найпростішим варіантом є автономна система з датчиками рівня у ємності, що безпосередньо керують вмиканням-вимиканням насосу. Такий варіант найчастіше реалізується за допомогою поплавкових або електродних датчиків, які вмикають або вимикають насос при досягненні верхнього та нижнього рівнів води. Попри простоту, такі рішення мають суттєві обмеження щодо точності контролю та гнучкості налаштувань.

Більш досконалий підхід включає використання електронних реле рівня, які дозволяють програмно задавати межі ввімкнення і вимкнення насосів. Такі системи можуть підтримувати гістерезис, забезпечуючи меншу кількість пусків-стопів, що покращує режими роботи електродвигунів насосних станцій. Поширеним варіантом є використання реле з аналоговим виходом, які передають інформацію до ПЛК.

Для великих або критично важливих об'єктів доцільно впроваджувати системи на базі більш потужних ПЛК. У таких системах рівень води вимірюється за допомогою тискомірів, ультразвукових або радарних датчиків. Контролер керує не лише вмиканням і вимиканням насосів, а й виконує діагностику обладнання, облік енерговитрат, передає дані до SCADA-системи, що дозволяє здійснювати централізоване диспетчерське управління.

Одним із найпоширеніших рішень для побутового та фермерського

застосування є насосна станція з вбудованим контролем тиску (наприклад, Italtecnica Brio, Pedrollo EasySmall [4, 5]). Такі пристрої поєднують функції вимірювання тиску та потоку і автоматично запускають насос при відкритті споживання води. Їхні переваги полягають у компактності, простоті монтажу і невисокій вартості. Недоліком є те, що вони погано підходять для роботи з накопичувальними ємностями, оскільки не враховують рівень води у резервуарі. Приклади систем такого типу показано на рисунках 1.1 і 1.2.



Рисунок 1.1 – Насосна станція з вбудованим контролем тиску і вбудованою накопичувальною ємністю



Рисунок 1.2 – Насосна станція з вбудованим контролем тиску і насосом поверхневого типу

Електронні реле рівня (наприклад, Schneider Electric RE17, DOL Starter з контролем рівня [6, 7]). Вони дозволяють вмикати насос при досягненні нижнього рівня і вимикати при досягненні верхнього. При цьому використовуються поплавкові або електродні датчики. Такі системи добре підходять для фермерських господарств і мають невисоку вартість. Проте вони не можуть адаптуватися до змін тарифу електроенергії або змінити логіку роботи без перепідключення. Прикладами систем керування такого типу може бути контролер насосний Новатек-Електро МСК-108 або реле контролю рівня рідини F&F PZ-828 RC B 2S, що показані на рисунку 1.3.

Ще одним значно більш прогресивним (але і як наслідок більш дорогим) рішенням є автоматизовані шафи керування насосами з частотними перетворювачами (наприклад, Danfoss). Такі системи дозволяють плавно регулювати оберти насосів залежно від рівня води або споживання. Вони забезпечують значну економію енергії та знижують гідравлічні удари.

Основними недоліками є висока вартість і складність в обслуговуванні – такі рішення потребують кваліфікованого персоналу. Приклад реалізації такої системи від компанії [privod.kiev.ua](http://privod.kiev.ua) [8] показано на рисунку 1.4.



Рисунок 1.3 – Електронні реле рівня рідини



Рисунок 1.4 – Шафа керування насосами

Ще одним варіантом є системи на основі ПЛК з інтеграцією в IoT або SCADA (наприклад, системи Siemens LOGO!, Schneider M221, або українські розробки на базі контролерів OWEN чи Мікрол [9]). Такі системи дозволяють реалізовувати гнучкі алгоритми з урахуванням графіку тарифів електроенергії, прогнозу споживання та дистанційного управління через GSM або Wi-Fi. Проте їх впровадження доцільне лише для великих господарств або комунальних об'єктів через високу вартість обладнання, потребу в налаштуванні та обслуговуванні. На рисунках 1.5 і 1.6 показано зовнішній вигляд та вікно конфігурації регулятора-сигналізатора рівня РСУ-41Н від компанії Мікрол.

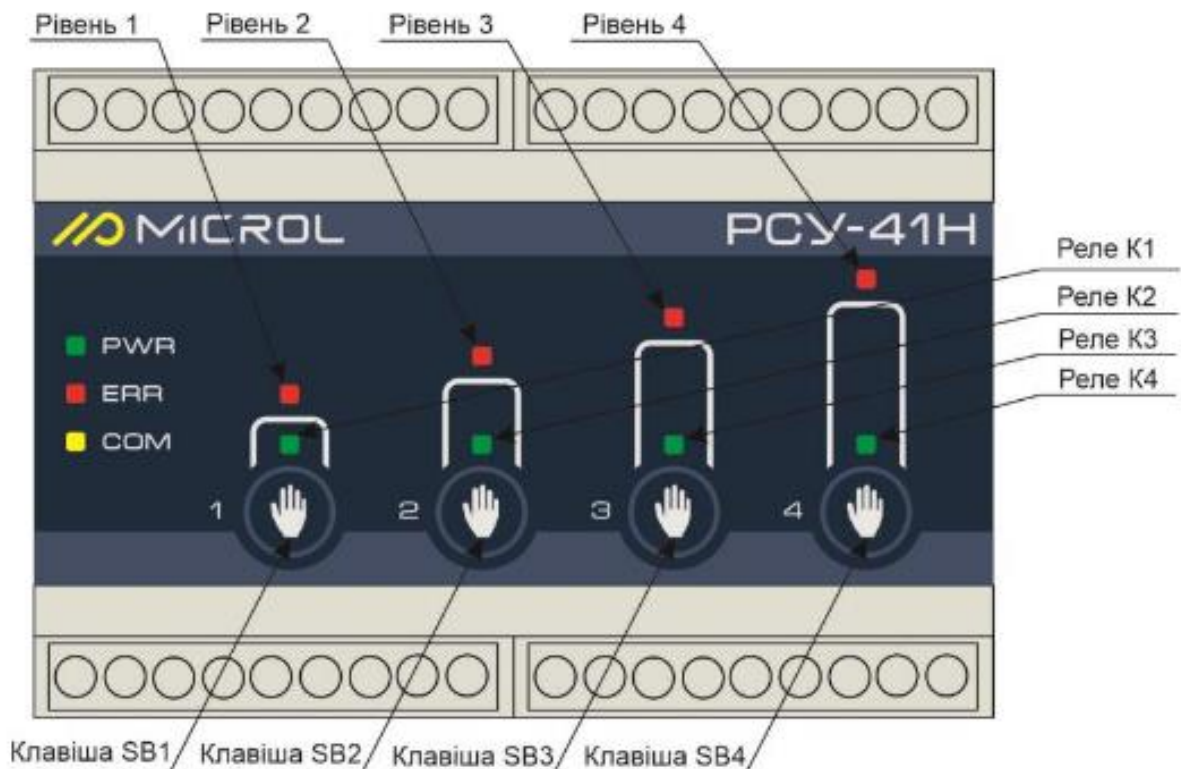


Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд і органи керування РСУ-41Н

Важливою особливістю сучасних систем є також енергетична оптимізація – застосування частотного регулювання, паралельного керування кількома насосами та використання резервних джерел живлення (акумуляторів або сонячних панелей). Наприклад, у сільському господарстві популярні комбіновані системи, де насос працює від сонячного інвертора

вдень, а вночі перемикається на мережу, оптимізуючи використання ресурсів. Окремо слід торкнутись питання вартості електроенергії у контексті необхідності раціонального її використання, коли особливого значення набувають системи, які враховують добові коливання тарифів. Наприклад, система може заповнювати ємність вночі, коли тариф найнижчий, а вдень лише підтримувати мінімальний рівень. Це досягається шляхом програмування ПЛК або використання реле часу з фіксованим добовим графіком. Саме таке завдання поставлено серед інших перед розробником даної системи.

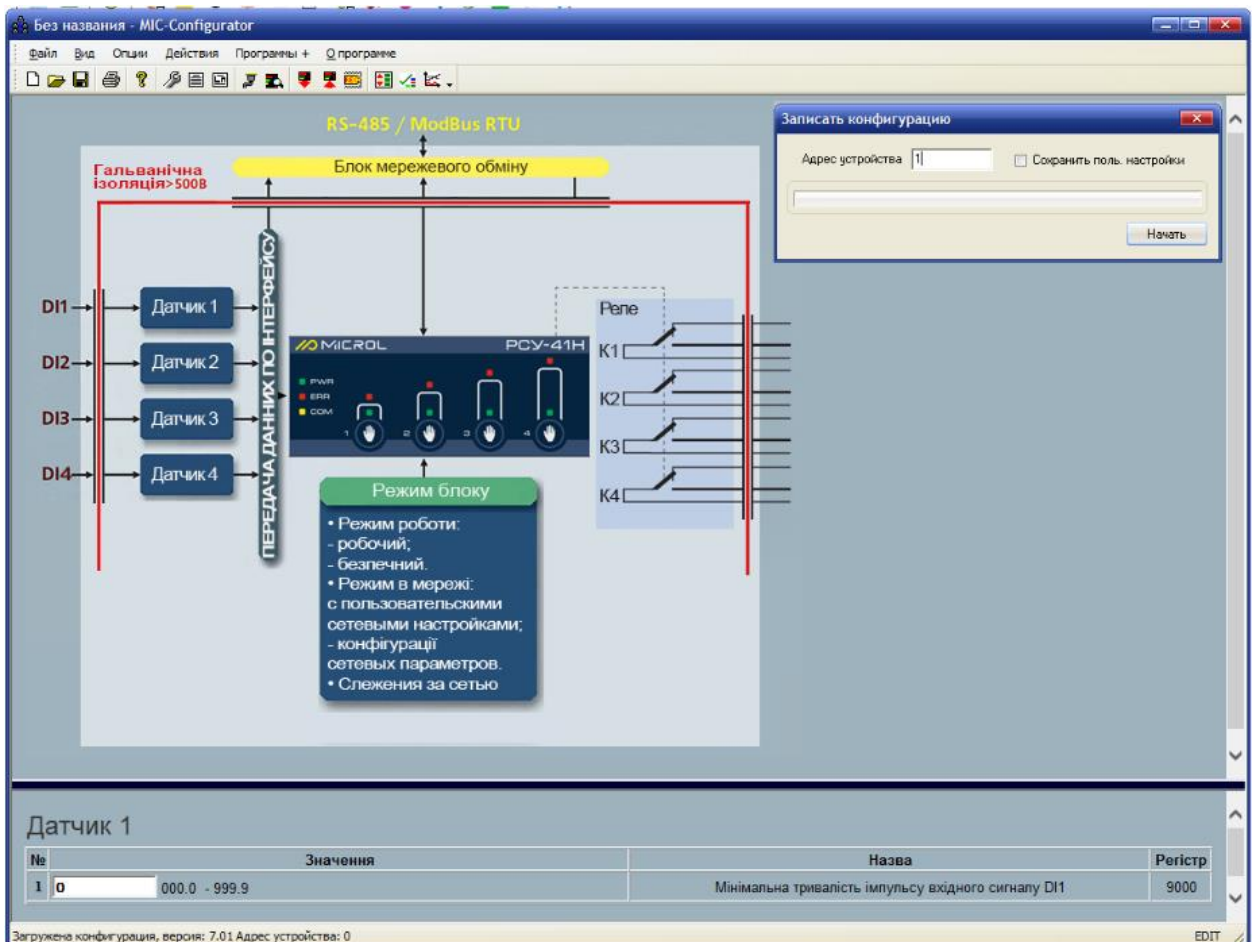


Рисунок 1.6 – Редагування конфігурації PCSU-41H

Також згадаємо, що окремі системи можуть мати функцію автоматичної діагностики – виявлення втрати тиску, витоків, засмічення фільтрів або перевантаження електродвигуна. Такі функції реалізуються

через моніторинг споживаного струму, тиску на вході/виході та зміни в алгоритмі роботи. У разі виявлення несправності насос вимикається, подається сигнал тривоги на диспетчерський пульт або мобільний пристрій.

Таким чином можна зробити наступний висновок. Побудова системи автоматизації насосної установки для накопичувальної ємності води залежить від масштабів споживання, доступного бюджету та вимог до стабільності та безпеки. Найбільш доступними є прості електронні або поплавкові реле, які забезпечують базовий рівень автоматизації. Більш дорогі рішення з частотним регулюванням або ПЛК-системами дозволяють досягати вищої енергоефективності та адаптації до змінних умов, зокрема тарифних графіків.

Застосування сучасних цифрових технологій відкриває нові можливості для автоматизації систем водозабезпечення, але також потребує кваліфікованого обслуговування. Тому важливо забезпечити баланс між складністю, вартістю та доступністю рішення, обираючи оптимальну конфігурацію для конкретних умов експлуатації.

## 1.2 Постановка завдання на розробку системи підтримки рівня води

Як показано вище системи водопостачання можуть будуватись за різними технічними принципами і на базі різних технічних засобів більшої чи меншої складності і вартості. У даному дослідженні буде наведено спробу реалізації інтелектуальної системи автоматизації системи водопостачання, що складається з наступних частин та елементів:

- свердловина, глибиною 43 метри;
- глибинний насос занурювального типу потужністю 1 кВт;
- ємність для накопичення води об'ємом 16 м<sup>3</sup>;
- окремі системи трубопроводів, що забезпечують подачу води від насоса до ємності та від ємності до земельної ділянки;
- електромережа напругою 220-230 вольт.

Ця система є прикладом реального приватного домогосподарства у Харківській області та використовується для забезпечення водою ділянки землі 0,8 гектари на якій протягом літнього сезону вирощуються сільськогосподарські продукти. При цьому при створенні системи автоматизації вказаної системи водопостачання необхідно врахувати наступні особливості та побажання кінцевого замовника (або споживача).

Обмежений дебет води у свердловині. За практикою використання конкретної свердловини було встановлено, що вона забезпечує безперебійну подачу води протягом 10 хвилин безперервної роботи насоса. Після цього необхідно забезпечити паузу щонайменше 30 хвилин для накопичення води у свердловині.

Розташування накопичувальної ємності для води у найвищій точці земельної ділянки. Через цю особливість є необхідність використання насосної станції тільки для наповнення ємності водою, а водорозбір відбувається за рахунок природного перепаду висот, тобто самопливом.

Наявність у домогосподарстві двозонного лічильника електроенергії. З цього випливає вимога автоматичного вмикання насосної станції у період з 23 години вечора до 7 години ранку, коли вартість електричної енергії менша у два рази.

Наявність у домогосподарстві домашньої СЕС у складі мережевого інвертора Deua потужністю 8 кВт, та поля сонячних панелей сумарною піковою потужністю до 15 кВт. Потужність інвертора значно перевищує потужність водяного насоса, таким чином у сонячні дні необхідно забезпечити наповнення ємності водою за рахунок енергії, що виробляється домашньою СЕС, тобто у денний, а не у нічний час.

Окремо зазначимо, що ця система декілька років функціонує у ручному і напівавтоматичному режимах роботи, тобто питання обґрунтування і вибору обладнання (такі як потужність насоса, об'єм накопичувальної ємності, тиск у системі, тощо) не розглядатимуться. Так, наприклад, автоматичне вмикання насоса за нічним тарифом забезпечувалось

програмованим реле часу, а періодичність роботи насосу – циклічним таймером (ТМ-2) [10]. У той же час автоматичне вмикання насосу при мінімальному рівні води у ємності, а також його вимкнення при досягненні максимального рівня виконувалось у ручному режимі. Це призводило до ситуацій коли вода у ємності була або відсутня, або під час роботи насосу відбувався перелив.

Таким чином стоїть задача створення інтелектуальної системи, що забезпечувала б накопичення води у ємності у заданих межах у повністю автоматичному режимі з урахуванням перерахованих особливостей і побажань замовника. При цьому слід забезпечити максимальну простоту в налаштуванні та обслуговуванні створюваної системи некваліфікованим персоналом.

Таким чином метою кваліфікаційної роботи є розробка простої у реалізації та обслуговуванні, надійної та безпечної системи підтримання рівня води у ємності, з можливістю оптимізації економічних витрат користувача за рахунок врахування добових змін вартості електричної енергії та наявності домашньої СЕС.

## 2 ОГЛЯД ТА ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ РІВНЯ ВОДИ

### 2.1 Розробка концепції побудови системи

Для розробки простої системи автоматизації насосної станції, особливо в умовах обмеженого бюджету та потреби в енергоефективності, постає питання вибору між традиційними промисловими ПЛК та більш доступними побутовими мікроконтролерами, наприклад Arduino, ESP32, Raspberry Pi та подібні. Попри те, що промислові рішення мають ряд беззаперечних переваг у специфічних умовах, у багатьох випадках побутові контролери є значно більш раціональним вибором. І це визначається не лише ціною – вони стосуються гнучкості, адаптивності, швидкості впровадження та загальної ефективності.

Побутові контролери за останні роки значно еволюціонували, отримавши потужну обчислювальну базу, різноманітні комунікаційні модулі (Wi-Fi, Bluetooth, LoRa), а також широку спільноту розробників, що сприяє швидкому вирішенню технічних завдань. У системах водопостачання, де зазвичай автоматизуються стандартні процеси – контроль рівня води в резервуарах, керування насосами, моніторинг витрат та тиску, використання високопродуктивних і водночас дорогих промислових ПЛК є просто надлишковим. Їх функціонал не завжди реалізовується повною мірою, а витрати на їх закупівлю, налаштування, програмування та обслуговування не відповідатимуть реальній користі у проєкті.

Натомість недорогі контролери дозволяють реалізувати аналогічні задачі з достатнім рівнем надійності, особливо якщо система спроектована грамотно, з врахуванням захисту від перенапруг, помилок зв'язку та інших чинників. Ці рішення дають змогу швидко змінювати логіку роботи, додавати нові функції, інтегруватися з хмарними платформами для

моніторингу в реальному часі. Простота у програмуванні та широке програмне забезпечення з відкритим кодом суттєво полегшують підтримку та масштабування таких систем, що особливо важливо для малих підприємств, фермерських господарств чи комунальних структур у сільських районах.

Не менш важливим є фактор енергоспоживання. Більшість побутових контролерів мають мінімальну споживану потужність, що дозволяє інтегрувати їх у автономні або напівавтономні рішення з живленням від сонячних панелей. У поєднанні з локальними джерелами енергії, такими як СЕС, побутові контролери дозволяють будувати повністю енергонезалежні системи, що критично важливо в регіонах з нестабільним електропостачанням або високими тарифами.

Крім того, поширеність та дешевизна побутових контролерів дозволяє легко замінювати або розширювати систему без значних витрат і залежності від постачальників вузькопрофільного обладнання. У випадку промислових ПЛК, модернізація або заміна часто пов'язана з необхідністю участі спеціалістів з відповідною підготовкою, дорогих ліцензій на програмне забезпечення та складної документації, що сповільнює впровадження таких систем.

Отже, хоча промислові ПЛК залишаються оптимальним вибором у складних, критично важливих або високо навантажених системах з підвищеними вимогами до надійності, у більшості випадків побутові контролери забезпечують достатній рівень автоматизації при значно нижчих витратах. Їх використання сприяє більш гнучкому та адаптивному підходу до реалізації водопостачальних систем, дозволяє швидко реагувати на зміни умов, знижує вартість впровадження та обслуговування, забезпечує інтеграцію з сучасними цифровими.

У той же час використання готового контролера у системах автоматизації, зокрема для водопостачання, має низку істотних переваг порівняно з саморобними рішеннями на базі Arduino. Головна відмінність полягає в рівні надійності, стабільності та відповідності промисловим

стандартам. Перш за все, готовий контролер – це цілісний виріб, який уже пройшов серійне тестування, має заводську збірку, захист від пилу, вологи, перенапруги, а також нормалізовану схему живлення і надійний вихідний каскад для керування навантаженням. Це гарантує, що пристрій не вийде з ладу через перепади напруги, зовнішні збурення або конструктивні помилки. У саморобних же рішеннях на базі наприклад Arduino подібні захисти часто ігноруються або виконуються на недостатньому рівні, що призводить до підвищеної вірогідності відмов, особливо при довготривалій роботі у вологому або пиловому середовищі.

Ще одним важливим фактором є відсутність необхідності у програмуванні та складному монтажі. Готові контролери мають фіксовану логіку роботи, яка зазвичай цілком підходить для типових задач. Arduino, навпаки, потребує написання та відлагодження коду, вибору компонентів, пайки, налаштування живлення та побудови захистів. Ці кроки не тільки вимагають технічної компетентності, але й значного часу.

Крім того, готові рішення мають стандартизовані методи підключення датчиків і навантажень, часто із клемми для монтажу в щит або корпусом для DIN-рейки. Це значно спрощує інтеграцію з електромережею та іншими системами. Arduino ж потребує створення відповідної електронної обв'язки – реле, стабілізаторів, що не тільки ускладнює інсталяцію, а й підвищує ризик помилок через людський фактор. Зрештою, довговічність і підтримка готових контролерів у рази вища. Багато з них мають документацію, схеми підключення, гарантію, і можуть обслуговуватись або замінюватись без втрати конфігурації. У той час як Arduino-системи часто існують в єдиному екземплярі, їх складно або неможливо відтворити після виходу з ладу без копії прошивки чи схеми монтажу.

Таким чином, готовий контролер – це краще рішення для тих, кому важливі надійність, безпека, швидкість впровадження та стабільність у промислових чи побутових умовах. Саморобна система на базі Arduino залишається цікавою опцією для експериментів або навчання, але в реальних

умовах експлуатації її використання несе надмірні ризики та потребує більше ресурсів на підтримку.

Усе вищевказане можна підсумувати у вигляді таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Оціночні характеристики варіантів рішень контролерів

Критерій	Готові контролери	Системи типу Arduino
Простота впровадження	висока – не потребують програмування, готові до використання	низька – потребують програмування, налаштування, монтажу
Надійність та стабільність	висока – промисловий захист, серійна збірка	залежить від реалізації – потребує додаткових заходів
Функціональність	обмежена – фіксована логіка, без змін	висока – реалізація будь-яких сценаріїв
Гнучкість налаштувань	мінімальна – логіка незмінна	максимальна – повне програмне управління
Швидкість монтажу	висока – монтаж без схемотехніки	середня/низька – потребує збірки схеми, підключень
Можливість розширення	обмежена	висока – можна підключати датчики, дисплеї, тощо
Зв'язок з іншими системами	відсутній або мінімальний	можливий – Wi-Fi, Bluetooth, GSM, MQTT, тощо
Ціна компонентів	середня/вища – все в одному корпусі	низька – базові плати і модулі дешевші
Необхідні знання	мінімальні – доступно навіть для непрофесіоналів	середні/високі – потрібні знання з програмування та електроніки
Сервіс та підтримка	стабільна – заводське виконання, інструкція	самостійна підтримка, залежить від автора реалізації

Таким чином, підсумовуючи вищевказане прийнято концептуальне рішення будувати систему на базі готових модулів, що виробляються промислово, оскільки вони є оптимальними для швидкого, надійного впровадження простих систем.

## 2.2 Вибір контролера для керування насосною станцією

У першому розділі кваліфікаційної роботи було згадано декілька варіантів контролерів для керування роботою насосної станції. Але для реалізації проекту було прийнято рішення використати контролер DF-96D [11]. Зовнішній вигляд контролера показано на рисунку 2.1. Розглянемо його характеристики та надамо обґрунтування такому вибору.



Рисунок 2.1 – Контролер керування насосною станцією DF-96D

Готовий модуль автоматичного керування насосом DF-96D – це спеціалізований контролер, розроблений саме для задач керування насосами на основі сигналів від датчиків рівня води. Його конструкція вже враховує всі особливості водопостачальних систем, що дозволяє уникнути численних налаштувань і схемотехнічних рішень, необхідних при роботі з універсальними мікроконтролерами.

Головна перевага DF-96D – готовність до роботи «з коробки». У порівнянні з Arduino або STM32, для яких потрібне програмування, підбір зовнішніх компонентів, реле, джерел живлення та написання/налагодження прошивки, DF-96D вже має вбудовану логіку, силову частину, інтерфейс підключення датчиків, а також захисти від перенапруг, коротких замикань і некоректної роботи. Це значно скорочує час впровадження системи та знижує ймовірність помилок, що критично важливо у водозабезпеченні, де збої можуть призвести до затоплення або зупинки подачі води. Також DF-96D відрізняється промисловим рівнем виконання – корпусом для кріплення на DIN-рейку, електричною ізоляцією, підтримкою роботи в широкому діапазоні напруг, що робить його більш стійким до умов навколишнього середовища, порівняно з лабораторними або прототипувальними платами типу Arduino.

DF-96D економічно виправданий для задач, де потрібно лише просте вмикання/вимикання насоса за сигналами рівня води – без потреби в мережевому інтерфейсі, телеметрії чи складній логіці. У таких ситуаціях Arduino або STM не лише перевищують потреби по функціоналу, а й вимагають більше часу на розробку, що не виправдовує себе з погляду витрат і стабільності. Також зазначимо, що у стандартний комплект поставки входить комплект датчиків рівня води, що видно з рисунку 2.1.

Схема підключення контролера DF-96D також є дуже простою і для достатньо потужних насосів передбачає лише наявність додаткового магнітного пускача (рисунок 2.2).

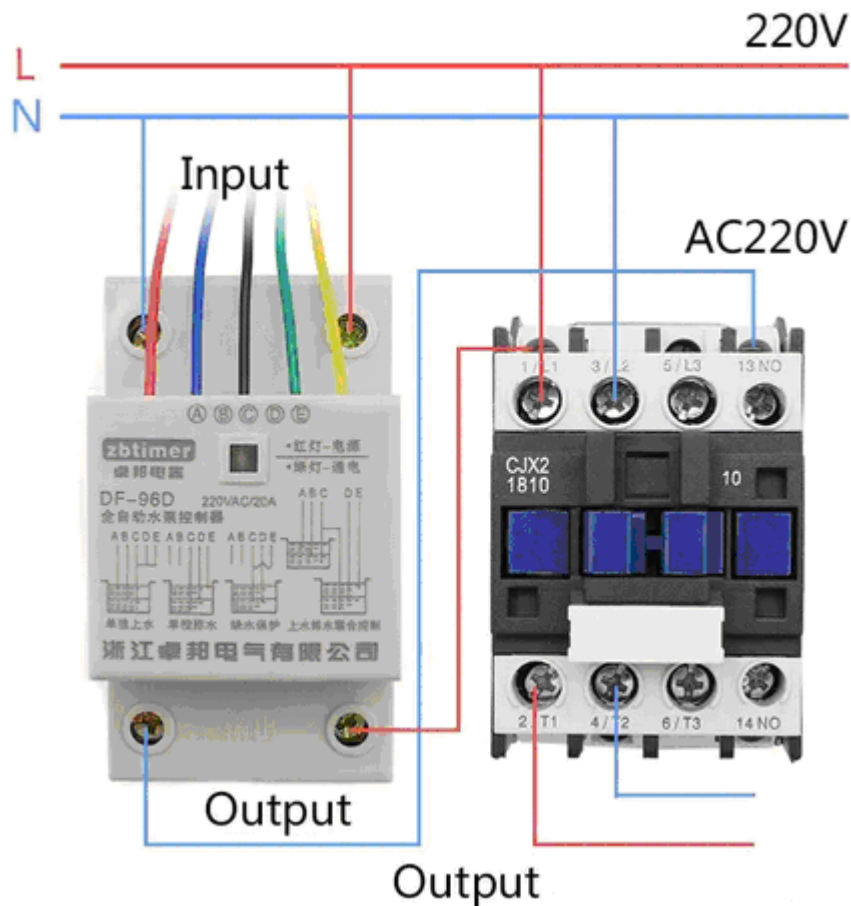


Рисунок 2.2 – Підключення потужного навантаження до DF-96D

При цьому логіка роботи контролера визначається комутацією датчиків до його входів (рисунок 2.3) і не передбачає жодного програмування, що дуже важливо для непідготовленого користувача у випадку самостійної заміни при виході його з ладу або пошкодженні, тобто не вимагає виклику спеціально підготовленого персоналу.

Контролер DF-96D не передбачає можливості вмикання або вимикання насоса у ручному режимі, проте існує його варіант з можливістю ручного керування – DF-96DK [12] (рисунок 2.4). Такий варіант контролера дозволяє увімкнути насос у ручному режимі, оминаючи його стандартну логіку роботи, що визначається електричною схемою. Така функціональність є корисною при виконанні відлагодження системи або, наприклад, для перевірки функціонування насоса, тобто локалізації несправності у випадку збоїв або відмов у роботі системи.

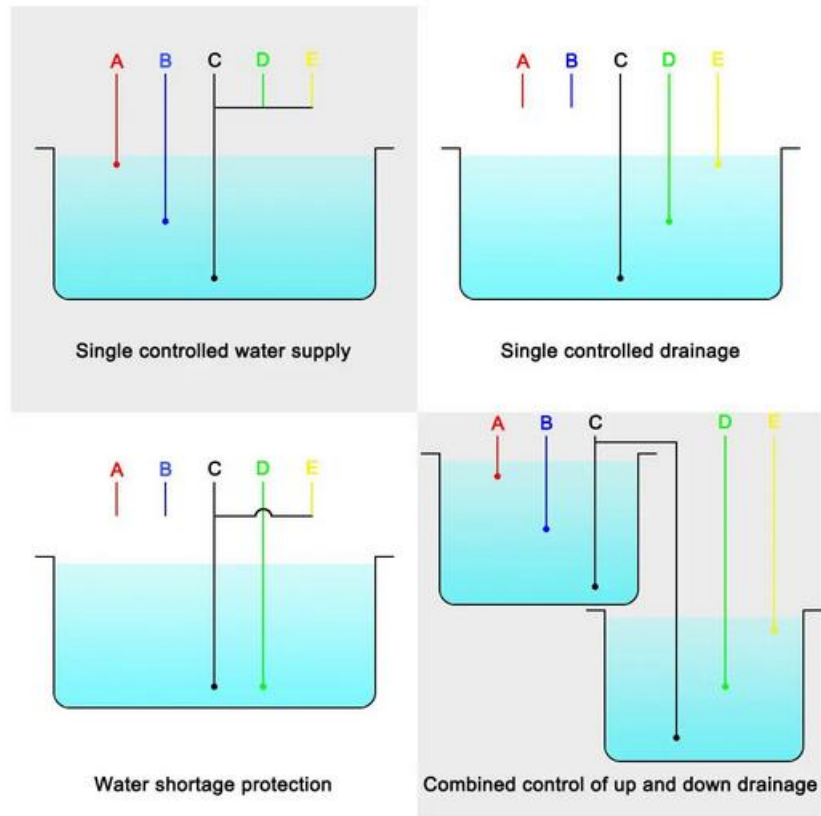


Рисунок 2.3 – Задавання логіки роботи DF-96D



Рисунок 2.4 – Контролер керування насосною станцією DF-96DK

На останок вкажемо основні технічні характеристики контролера (у його більш функціональному варіанті DF-96DK):

- матеріал – пластик;
- робоча напруга 220÷230 В/50Гц;
- режими роботи: вкл/викл/автоматичний (червоний перемикач);
- потужність споживання менше 2 Вт;
- датчики: 3 шт. по 2 м. (можна подовжувати мідним дротом);
- максимальний струм навантаження 10 А;
- максимальна потужність навантаження 1,1 кВт;
- рекомендоване робоче навантаження – до 0,7 кВт;
- установка – на DIN-рейку;
- розміри 86 x 50 x 66 мм.

Таким чином, DF-96D – це оптимальне рішення для простих і надійних систем автоматизації водопостачання, яке дозволяє мінімізувати час реалізації, уникнути помилок при монтажі та забезпечити стабільну роботу без глибоких знань в електроніці чи програмуванні.

### 2.3 Вибір обладнання, що відповідає за логіку роботи системи

При складанні технічного завдання на розробку системи було вказано, що свердловина забезпечує безперебійну подачу води протягом 10 хвилин роботи насоса, після чого необхідно забезпечити паузу щонайменше 30 хвилин. Контролер DF-96D не може забезпечити реалізацію такої логіки роботи насоса, у старій системі для цього використано таймер ТМ-2. Використовувати його в оновленій системі керування не є доцільним. Надамо такому твердженню відповідне обґрунтування.

У сучасних системах автоматизації, особливо побутового та комерційного призначення, важливим є не лише надійне керування виконавчими пристроями, але й адаптивність, віддалене управління, гнучке налаштування, а також можливість інтеграції з іншими розумними

системами. У цьому контексті рішення на базі Tuua значно випереджають традиційні пристрої з локальним таймерним керуванням, зокрема такі, як таймер ТМ-2.

Tuua – це хмарна IoT-платформа з відкритим протоколом, яка надає універсальну екосистему для створення, управління та інтеграції «розумних» пристроїв. Вона дозволяє будувати не лише просту автоматизацію, а цілісні сценарії взаємодії пристроїв, які об'єднуються в єдину мережу через Wi-Fi, Zigbee чи Bluetooth. Наприклад, насос, електроклапан або реле, що підтримують Tuua, можуть вмикатися не лише за розкладом, а й за умовами: рівня вологості, температури, зміни геолокації користувача, зміни стану іншого пристрою, настання певного часу, тощо. На відміну від цього, пристрої типу ТМ-2 – це класичні циклічне реле, навіть без мережевого підключення. Вони працюють за жорстко заданим сценарієм, обмеженим простими функціями: увімкнення/вимкнення з певною тривалістю, мають обмежену кількість програм кілька програм. Таке рішення абсолютно ізольоване від зовнішніх змінних факторів і не має гнучкості у реакції на зміну ситуації.

Ще одним ключовим фактором є можливість віддаленого керування та моніторингу. Пристрої Tuua дозволяють у реальному часі змінювати графік, вимикати/вмикати вручну, бачити статус живлення, отримувати сповіщення про події чи помилки. Це особливо зручно у випадках, коли система обслуговується на відстані, наприклад, у сільських господарствах, дачних системах водопостачання, пасіках тощо. ТМ-2 не має таких можливостей – його потрібно перепрограмувати безпосередньо кнопками на корпусі приладу, що незручно, особливо якщо таймер змонтовано у щитку.

Згадаємо також масштабованість систем на базі Tuua. При зростанні потреби в додаткових пристроях або автоматичних сценаріях, користувач може просто додати нові розетки, датчики, реле або освітлення до існуючої системи – усе синхронізується автоматично через хмарний сервіс. Така гнучкість недоступна для ТМ-2, який не підтримує жодної синхронізації –

таймер функціонує автономно, і складна взаємодія між ними потребує додаткових реле, датчиків, схем і електротехнічних навичок. Не менш важливим є те, що платформа TuYa підтримує інтеграцію з мобільними додатками, хмарну аналітику та щоденне резервне копіювання даних. У поєднанні з простим інтерфейсом і регулярними оновленнями програмного забезпечення, це робить пристрої на базі TuYa значно більш технологічними і зручними у використанні для кінцевого користувача.

Таким чином, навіть якщо розглядати вартість пристроїв з підтримкою TuYa які перевищують вартість ТМ-2, вона повністю виправдовується значним приростом функціональності, безпеки, зручності та можливостей адаптації до різних умов експлуатації. У перспективі розвитку системи на базі TuYa дозволяють не просто автоматизувати, а створити адаптивне, інтелектуальне середовище управління, тоді як таймерні пристрої залишаються на рівні локального, ізольованого автомата без зворотного зв'язку, аналітики чи інтеграції.

Отже для реалізації загальної логіки роботи обладнання (виключаючи контроль рівня води у ємності) та можливості дистанційного керування та моніторингу за допомогою смартфона, прийнято рішення будувати систему на базі обладнання з підтримкою TuYa.

Розглянемо основні моменти, що визначають вибір того або іншого приладу. Почнемо з одноканальних контролерів.

Одноканальні контролери – це пристрої, які мають один вихідний канал керування (зазвичай реле), що дозволяє вмикати або вимикати один пристрій або лінію живлення. Вони є найпоширенішими у побутовій автоматизації.

Серед обладнання такого типу можна згадати Wi-Fi Smart Relay 1CH TYWRA-RF (рисунок 2.5); Avatto Smart Switch 1 gang (рисунок 2.6); TuYa DIN-Rail 1P Wi-Fi Relay (рисунок 2.7). Усі вони мають схожі технічні характеристики і відрізняються конструктивним виконанням, типом підтримуваної мережі та ціною.

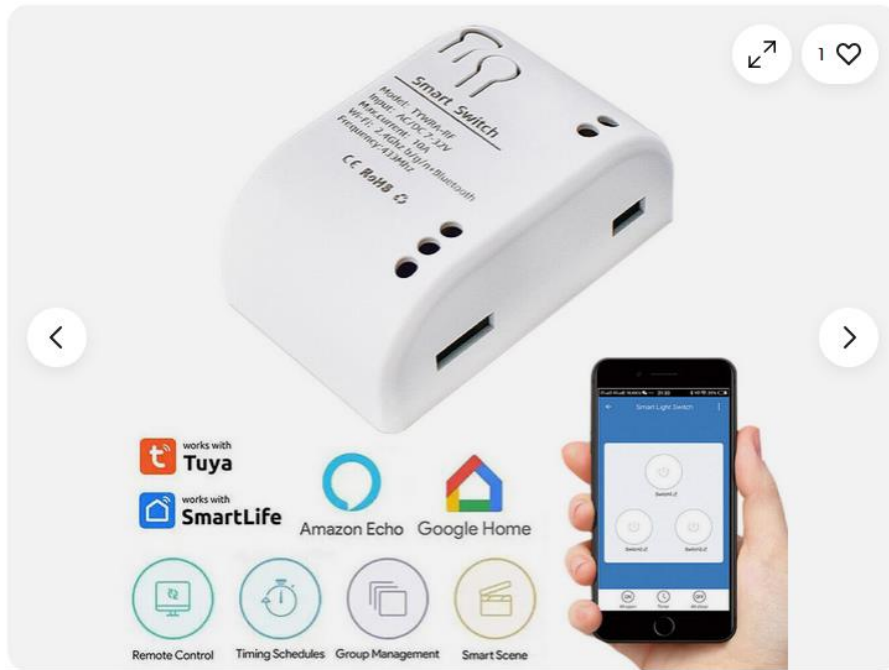


Рисунок 2.5 – Одноканальный контролер TYWRA-RF

**AVATTO**

## Zigbee Switch Module

### No Neutral Wire

Works with **Tuya** | Works with **SmartLife**

Google Home | amazon alexa

1CH Zigbee Switch Module-L  
Voltage: AC200-240V 50/60Hz  
Max.load: 10-100W

2CH Zigbee Switch Module-L  
Voltage: AC200-240V 50/60Hz  
Max.load: 2x(10-100W)

3CH Zigbee Switch Module-L  
Voltage: AC200-240V 50/60Hz  
Max.load: 3x(10-100W)

APP Control | Voice Control | Timing Countdown | Group Control

Рисунок 2.6 – Контролеры Avatto Smart Switch 1÷3 gang



Рисунок 2.7 – Одноканальний контролер DIN-Rail 1P Wi-Fi Relay

Вкажемо переваги одноканальних рішень:

- низька вартість – це один з найдоступніших способів реалізації автоматизації;
- простота монтажу. Більшість моделей призначено для встановлення у стандартну монтажну коробку або на DIN-рейку;
- широка підтримка. Усі одноканальні контролери, що розглядаються, підтримують Tuya Smart / Smart Life;
- ідеально підходять для типових задач: керування насосом, лампою, електроприводом або розеткою;
- можливість створення сценаріїв – наприклад, увімкнення реле при спрацьовуванні датчика руху або за розкладом.

Недоліки:

- один канал – це одне навантаження. Для систем із багатьма пристроями кількість контролерів швидко зростає;
- мала гнучкість при масштабуванні. Потрібно більше місця у щиті або більше розеток.

Отже одноканальні контролери – це найпростіший і найдоступніший

тип пристроїв автоматизації. Вони мають один вихід, за допомогою якого можна вмикати або вимикати живлення певного приладу. Такий підхід ідеально підходить для випадків, коли необхідно реалізувати віддалене або автоматичне керування лише одним навантаженням – насосом, вентилятором або лампою. Більшість таких контролерів працюють через Wi-Fi і не потребують додаткових шлюзів, але можна знайти моделі, що підтримують Zigbee або Bluetooth. Простота встановлення, компактність і низька ціна роблять одноканальні модулі дуже зручними для початкової автоматизації або точкових рішень. Їх можна легко монтувати у стандартні монтажні коробки або на DIN-рейку, підключивши до існуючої електромережі без складних переробок. У програмному забезпеченні TuYa такі пристрої легко додаються в додаток, підключаються до Wi-Fi і одразу готові до створення автоматичних сценаріїв. Водночас обмеження у вигляді одного каналу робить такі пристрої малоефективними при потребі керування кількома зонами або навантаженнями. У таких випадках доводиться використовувати кілька одноканальних модулів, що ускладнює монтаж і вимагає більше місця.

Багатоканальні контролери мають два або більше незалежних релейних каналів. Це дозволяє керувати кількома приладами одночасно через один пристрій. Найпоширеніші варіанти – 2-, 4-, 8-канальні реле.

Типовими представниками таких контролерів є: TuYa Smart Relay 4CH (рисунок 2.8) Wi-Fi; Avatto Smart Switch (рисунок 2.6); Lonsonho Wi-Fi 4 Relay Controller (рисунок 2.9); 8CH DIY tuYa APP Wi-Fi RF Controller (рисунок 2.10).

Переваги багатоканальних контролерів:

- оптимальне використання простору. Один пристрій керує кількома зонами або приладами;
- економія на комунікаціях. Одна точка підключення до Wi-Fi або Zigbee;
- ідеальні для щитової інсталяції. Моделі з кріпленням на DIN-рейку дозволяють інтегруватися до електрощита;

- гнучка логіка керування. Кожен канал може мати власний розклад, спрацьовувати за подіями або сценаріями;
- інтеграція з різними типами датчиків. Можливе комбінування з волого-, рухо-, температуро- чи рівневими датчиками в єдину систему.



Рисунок 2.8 – Чотирьохканальний контролер Tuya Smart Relay 4CH

Недоліки багатоканальних контролерів:

- вища вартість, ніж у одноканальних;
- складніше налаштування. Більше каналів – більше логіки, яку потрібно коректно вибудувати;
- залежність всіх каналів від одного модуля. Вихід з ладу пристрою призводить до втрати керування всіма каналами.



Рисунок 2.9 – Чотирьохканальний контролер Lonsonho Wi-Fi 4 Relay Controller

Отже якщо постає потреба автоматизувати кілька зон або пристроїв у межах одного об'єкта, більш доцільно використовувати багатоканальні контролери. Вони дозволяють керувати двома, чотирма, вісьмома і навіть більшою кількістю незалежних навантажень одночасно. Це особливо корисно при побудові системи поливу, керування насосами, керування освітленням у різних приміщеннях або автоматизації теплиць, де кожна зона має власну логіку роботи.

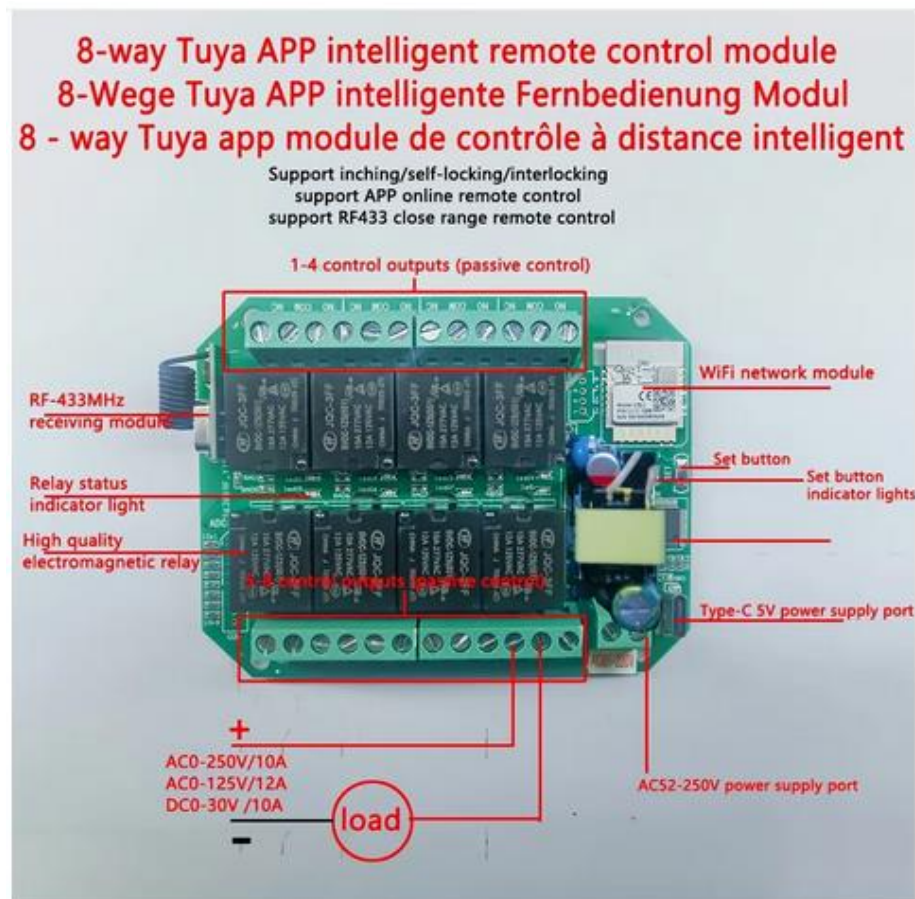


Рисунок 2.10 – Восьмиканальний контролер 8CH DIY tuya APP Wi-Fi RF Controller

Багатоканальні контролери, як правило, мають професійне виконання з монтажем на DIN-рейку, розширеними клемми для підключення живлення та виходів, а також більшою електричною потужністю кожного каналу. Деякі моделі оснащуються індикаторами стану, ручними кнопками керування на кожен канал або навіть підтримкою сценаріїв на рівні самого пристрою. Інтеграція з Tuya дозволяє не лише керувати кожним каналом окремо, але й будувати гнучку логіку взаємодії – наприклад, запуск другого насоса при відмові першого, або вмикання освітлення лише вночі при русі.

Порівняльну таблицю одно- та багатоканальних контролерів наведено у таблиці 2.2.

В усіх розглядаємих контролерах підключення до платформи Tuya можливе через кілька протоколів – найпоширеніший з них Wi-Fi, який не потребує окремого шлюзу і має просту логіку конфігурації. Проте при

великій кількості пристроїв Wi-Fi мережа може перевантажуватись. У таких випадках доцільніше використовувати контролери з підтримкою Zigbee – вони потребують центрального шлюзу, але утворюють стабільну mesh-мережу і працюють з меншим енергоспоживанням. Є також варіанти з Bluetooth Low Energy (BLE), однак вони зазвичай обмежуються лише близькодіючими сценаріями і не мають віддаленого доступу без додаткового шлюзу.

Таблиця 2.2 – Порівняльні характеристики контролерів

Критерій	Одноканальні контролери	Багатоканальні контролери
Кількість каналів	1	2, 3, 4, 8+
Вартість (середня)	\$5–10	\$15–40
Застосування	просте керування одним пристроєм	комплексна автоматизація кількох зон
Простота налаштування	висока	середня/складна залежно від задачі
Місце у щиті/коробці	мінімальне	потребує більше місця, особливо для 8СН
Гнучкість	обмежена	висока
Ризик втрати зв'язку	ізолюваний ризик	усі канали вразливі до загального збою

З точки зору функціональності, усі TuYa-сумісні контролери підтримують стандартний набір можливостей: ручне керування через додаток, створення графіків вмикання та вимкнення, тригери на основі стану інших пристроїв, зв'язок із голосовими асистентами (Google Assistant, Alexa), а також підтримку сценаріїв типу «якщо/то». Це дозволяє створювати складні автоматизовані системи без потреби у знанні мов програмування.

У практичному використанні обидва типи контролерів знаходять своє

місце. Якщо завдання просте й не потребує масштабування, то одноканальний модуль – оптимальний вибір. Він дешевий, простий у підключенні й зручний для ізольованих рішень. Якщо ж передбачається складна система або потрібно заощадити місце в щиті та уникнути множинних з'єднань, кращим вибором буде багатоканальний контролер. Його застосування доцільне в системах з великою кількістю навантажень, що потребують централізованого керування – наприклад, для організації автоматизованої насосної станції, де окремі канали можуть відповідати за подачу води, блокування сухого ходу, аварійне освітлення, живлення датчиків тощо.

На тлі традиційних рішень типу механічних реле або таймерів, контролери Tuua вигідно відрізняються функціональністю, гнучкістю та доступністю керування, як у локальному, так і у віддаленому форматі. Вони дозволяють не лише вмикати пристрої за розкладом, а й адаптувати систему до зміни умов, інтегрувати її у більшу мережу «розумного будинку» або об'єкта сільськогосподарського призначення.

Таким чином, вибір між одноканальним і багатоканальним контролером з підтримкою Tuua залежить передусім від задачі, кількості керованих елементів, вимог до надійності, доступності Wi-Fi/Zigbee-зв'язку, а також бюджету. Обидва варіанти можуть бути ефективними – головне, аби вони були використані згідно з логікою та потребами конкретної системи.

Враховуючи вище вказане, а також те, що замовник запланував монтаж в одній шафі керування автоматизацію не тільки насосної автоматики, а й тепличного господарства, було прийнято рішення застосувати достатньо надійний, поширений чотирьохканальний контролер Tuua Smart Relay 4CH [13]. Ось його основні технічні характеристики:

- кількість займаних місць на DIN-рейці 5;
- розміри блоку комутації (ДхШхВ) 78 x 74 x 20 мм;
- механізм безпеки WEP/WPA-PSK/WPA2-PSK;
- операційна система ANDROID, iOS;

- програма управління TuYa або SmarLife;
- стандарт IEEE802.11b/g/n;
- тип безпеки WEP/TKIP/AES;
- відстань дистанційного керування – необмежено, залежить від інтернет, по радіо 433МГц – залежить від пульта;
- матеріал пристрою – пластиковий корпус;
- кількість каналів 4;
- робоча радіочастота 2.412 ~ 2.484 ГГц (Wi-Fi) + 433 мГц (радіо);
- робоча температура -10 C° ~ +40 C°;
- тип живильного струму AC або DC;
- робоча напруга 5VDC/85÷265В AC змінної напруги 50/60Hz або 5VDC/ 7÷32 В AC/DC (залежить від виконання);
- максимальний струм навантаження 10 А або 2200 Вт на канал;
- енергоспоживання в режимі очікування < 0,3 Вт.

#### 2.4 Вибір елементів інтеграції до домашньої СЕС

Згідно технічного завдання у випадку наявності надлишкової генерації електричної енергії домашньою СЕС, насос системи водопостачання має вмикатись не тільки у нічний час, коли діє зменшений тариф, але й у денний час. Для цього необхідно коротко оглянути основні моменти організації СЕС та обрати елементи, що будуть надавати системі інформацію про наявність надлишкової генерації.

Згідно наданої замовником інформації, домашня СЕС побудована на базі гібридного інвертора Deye SUN-8K-SG01LP1-EU (рисунок 2.11). З точки зору побудови системи контролю рівня води у ємності нас цікавить лише потужність даного інвертора, та можливість його надати інформацію про надлишок генерації – тобто випадок, коли вироблена сонячними панелями електрична енергія не споживається внутрішніми споживачами або не йде на зарядку акумуляторів.



Рисунок 2.11 – Зовнішній вигляд гібридного інвертора Deye SUN-8K-SG01LP1-EU

У відповідності до технічних характеристик, наприклад [14], потужність складає  $6\div 9$  кВт, що із великим запасом забезпечує роботу насосної станції. Для забезпечення можливості живлення насосної станції надлишковою енергією можливо декілька можливих шляхів, але так або інакше для технічної реалізації потрібно мати технічний прилад, що визначає наявність енергії 220 В на лінії резервного навантаження, та надсилає сигнал про це платформі TuYa. Як один з варіантів: використання режиму Zero Export To CT [15] інвертора (рисунок 2.12) у відповідності до загальної схеми, що показано на рисунку 2.13.



Рисунок 2.12 – Меню вибору режиму роботи Zero Export To CT

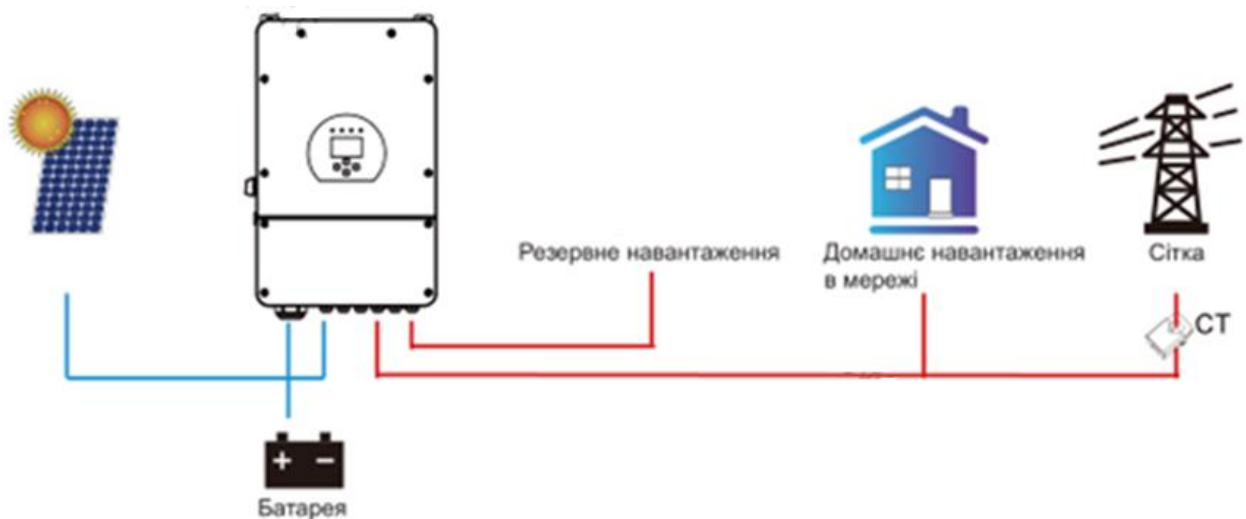


Рисунок 2.13 – Загальна схема підключення елементів СЕС для режиму роботи Zero Export To CT

Для реалізації моніторингу наявності надлишкової генерації на виході резервного навантаження потрібно використати пристрій, що може аналізувати напругу на лінії. Це може бути, наприклад TOMZNTOB9-VAP (рисунок 2.14 а) або ще більш функціональний EARU EAMPDW-TY-63B (рисунок 2.14 б). Зрозуміло, що такі рішення є занадто надлишковими і через достатньо велику ціну і через занадто велику функціональність, але простого і дешевого датчика наявності мережі 220В на ринку не існує. Проте надлишкові функції можна використати для, наприклад, контролю якості виробленої енергії або для ще будь-яких контрольних заходів.



а)



б)

Рисунок 2.14 – Інтелектуальні пристрої моніторингу мережі

а) TOMZN-TOB9-VAP; б) EARU EAMPDW-TY-63B

## 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РІВНЯ ВОДИ

### 3.1 Розробка загальної структури системи

У відповідності до зробленого огляду та вибору складових, система контролю рівня води у ємності складається з наступних елементів.

Інтелектуальне ядро системи – контролер Tuya Smart Relay 4CH. Його чотири релейні виходи дозволяють одночасно керувати додатковим обладнанням, що вказано замовником системи. Це дає змогу побудувати не просто схему «вкл/викл», а повноцінну систему контролю декількома технологічними процесами. Завдяки інтеграції з хмарною платформою Tuya, контролер забезпечує моніторинг і керування системою з будь-якої точки через мобільний додаток. Дозволяє реалізувати сценарії вмикання насоса у певний час доби та його повторно-короткочасний режим роботи (10 хвилин роботи, 30 хвилин простою) Додаткові функції – історія подій, таймери, сповіщення — підвищують надійність та зручність обслуговування. У результаті Tuya Smart Relay 4CH дозволяє створити масштабовану, гнучку та інтелектуальну систему контролю рівня води без складного програмування або дорогих PLC-рішень.

Автоматика роботи з насосною станцією – контролер DF-96D, що є простим і надійним рішенням для автоматизації системи контролю рівня води, особливо у побутових або малих технічних об'єктах. Його головна перевага – спеціалізована логіка, вже повністю адаптована для роботи з рівневими електродами або поплавковими датчиками. DF-96D автоматично вмикає насос при зниженні рівня до нижньої межі та вимикає при досягненні верхнього рівня, без потреби у програмуванні чи налаштуванні сценаріїв. Пристрій має вбудований блок живлення, релейний вихід, індикацію роботи та захист від сухого ходу, що підвищує безпеку експлуатації. Його монтаж дуже простий – достатньо підключити живлення, насос і три датчики рівня.

Завдяки своїй вузькій спеціалізації DF-96D підходить для резервуарів, баків, свердловин та інших систем, де потрібне базове, стабільне керування без складних функцій або віддаленого доступу. Це оптимальний вибір у випадках, коли пріоритетом є мінімальна вартість, надійність та простота впровадження.

Елементи системи контролю генерації надлишкової енергії СЕС – контролер TOMZN TOB9-VAR. Його доцільно використовувати у системі контролю наявності надлишку генерації, оскільки він є спеціалізованим індикатором з вбудованим реле, призначеним саме для фіксації зникнення або появи мережевої напруги. Його основна функція – моніторинг живлення в мережі з можливістю подавати сигнал або змінювати стан реле при втраті або відновленні напруги. TOMZN TOB9-VAR має компактне виконання для монтажу на DIN-рейку, чітку індикацію стану і працює без потреби у програмуванні, що робить його зручним і ефективним елементом контролю енергозабезпечення системи.

Об'єднання систем контролю рівня води, керування насосом, моніторингу живлення та сигналізації на базі платформи Tuua є доцільним і стратегічно обґрунтованим рішенням, для побутових і малих технічних об'єктів. Така інтеграція дозволяє створити єдине кероване середовище, де всі пристрої, як Tuua-реле (Smart Relay 4CH), так і допоміжні модулі, працюють узгоджено через один мобільний додаток без складного програмування або спеціалізованих знань.

Платформа забезпечує віддалений доступ, гнучке налаштування автоматичних сценаріїв і миттєві сповіщення про специфічні стани – наприклад, наявність напруги (через TOB9-VAR), зниження рівня води або відмову обладнання. Це значно підвищує надійність, зручність і оперативність управління системою. Порівняно з класичними локальними рішеннями (наприклад на таймері ТМ-2, та звичайних реле часу) інтеграція через Tuua дозволяє не лише автоматизувати, а й зробити систему інтелектуальною, адаптивною та масштабованою. Таким чином,

використання платформи TuYa як єдиного середовища для взаємодії різних компонентів системи, на мій погляд, є оптимальним підходом, що поєднує в собі функціональність, простоту впровадження, економічність та технологічну перспективність.

З урахуванням вищевказаного загальну структуру пропонованої інтелектуальної системи контролю рівня води у водонапірній ємності, представлено на рисунку 3.1.

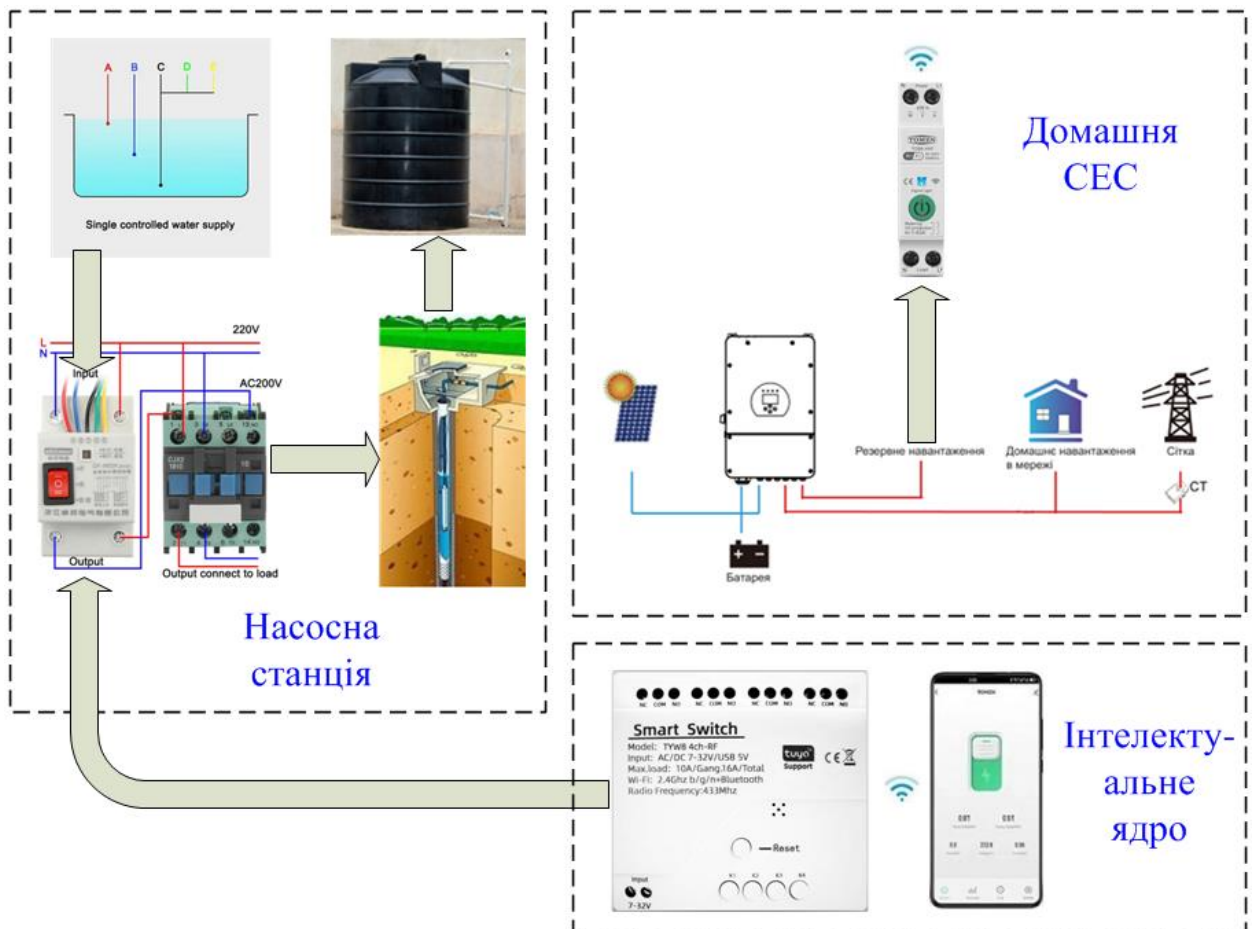


Рисунок 3.1 – Загальна структура пропонованої системи інтелектуального керування

Розглянемо більш детально взаємодію окремих її складових елементів.

Елементи насосної станції (ємність для води, насос і контролер DF-96D або DF-96DK з датчиками) відповідають за автоматичну підтримку рівня води у ємності у заданих межах. Тобто якщо рівень води, заданий глибиною

занурення у ємність відповідного датчика, зменшується понад норму, контролер вмикає насос у свердловині. Як тільки рівень води досягає максимального заданого значення – контролер вимикає насос. Ця логіка роботи ніяк не контролюється інтелектуальним ядром і є жорстко заданою.

Інтелектуальне ядро, що реалізовано на Smart Relay 4CH та смартфоні і працює на платформі Tuuya Smart, забезпечує роботу насосної станції лише у години з меншою вартістю електроенергії (з 23-00 до 7-00) та реалізує повторно-короткочасний (або циклічний) режим її роботи (10 хвилин роботи – 30 хвилин пауза).

Елементи домашньої СЕС, а точніше її доповнення у вигляді smart-реле TOMZN TOB9-VAR дозволяють вмикатись насосній станції не лише у нічні години, а й тоді коли СЕС виробляє надлишок електричної енергії, який можна використати для живлення насосу.

Таким чином запропонована структура повністю забезпечує умови викладені у технічному завданні на розробку системи.

### 3.2 Реалізація сценаріїв на платформі Tuuya Smart

Почнемо розгляд з базових сценаріїв вмикання насосної станції.

Сценарій 1. Робота за циклом «10 хвилин увімкнено – 30 хвилин вимкнено».

Оскільки Tuuya Smart не має вбудованої прямої функції повторюваного інтервального таймера, такий сценарій створюється у вигляді комбінації автоматизацій або розкладів тобто створення двох окремих автоматизацій у додатку Smart Life.

У нашому випадку Tuuya Smart Relay 4CH може бути використане для реалізації циклічного сценарію не використовуючи Tuuya Smart – це значно спрощує реалізацію. Скриншот реалізації такого режиму роботи контролера показано на рисунку 3.2, а вже готовий сценарій на рисунку 3.3.

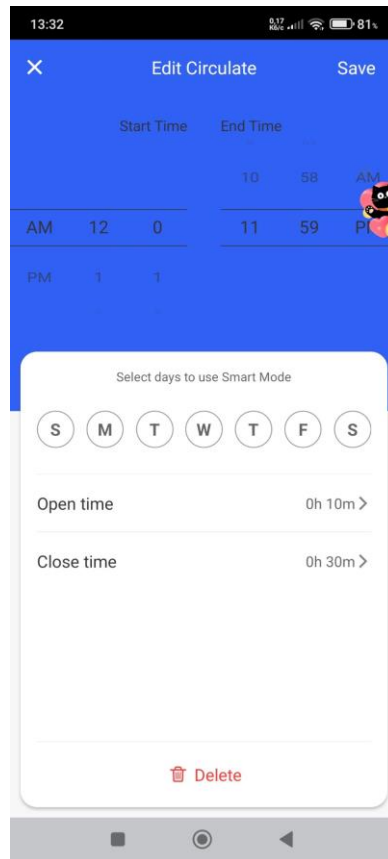


Рисунок 3.2 – Скриншот формування циклічної роботи насоса

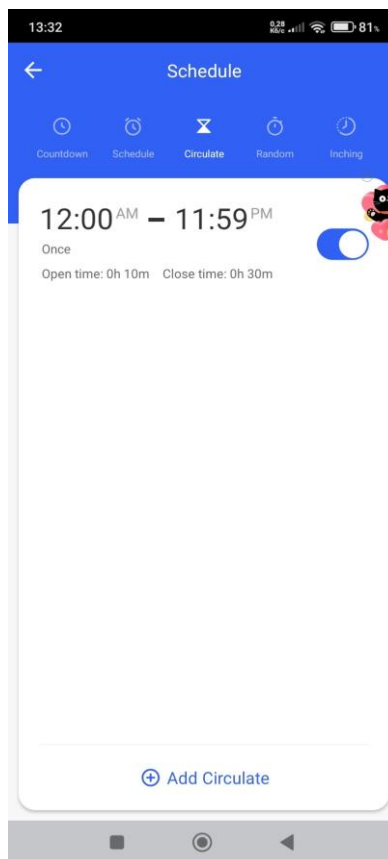


Рисунок 3.3 – Скриншот готового сценарію циклічної роботи насоса

Сценарій 2. Робота виключно в нічний час з 23-00 до 07-00.

Цей сценарій легко реалізується через функцію розкладу, яку підтримує кожен канал TuYa Smart Relay 4CH незалежно. Для цього у мобільному додатку TuYa Smart налаштовується два завдання:

- перше – автоматичне вмикання обраного каналу о 23:00;
- друге – автоматичне вимкнення цього ж каналу о 07:00.

Ці завдання можуть бути задані з щоденним повторенням або активними лише у певні дні тижня. Вони виконуються навіть без підключення до Інтернету, оскільки TuYa Smart Relay 4CH зберігає графіки локально. Скриншот такого сценарію роботи контролера показано на рисунку 3.4.

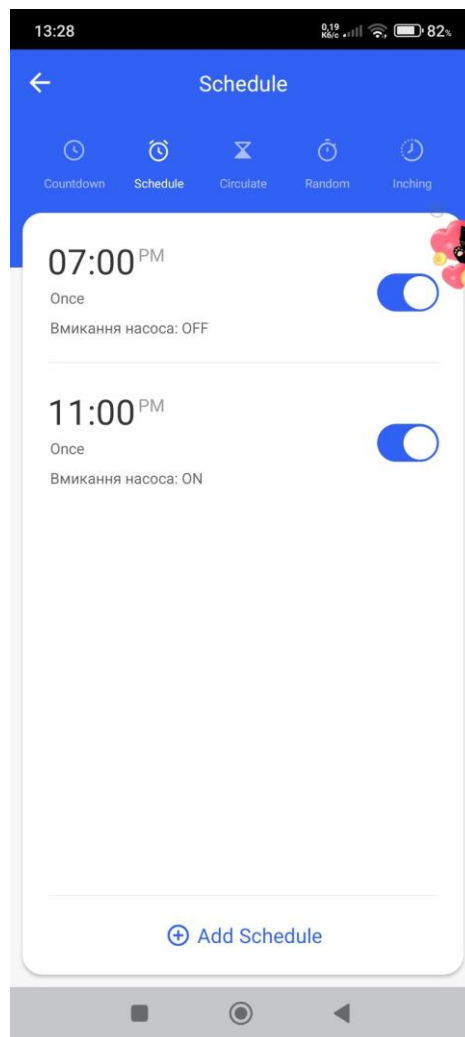


Рисунок 3.4 – Скриншот готового сценарію роботи насоса у години зниженої вартості електроенергії

Сценарій 3. Вмикання насосної станції при наявності надлишкової генерації домашньою СЕС.

Для реалізації такого сценарію використовується меню автоматизацій у додатку Smart Life. Насправді сценарій дуже простий: за наявності сигналу від smart-реле TOMZN TOB9-VAR потрібно увімкнути насосну станцію. Реалізацію цього сценарію показано на рисунку 3.5.

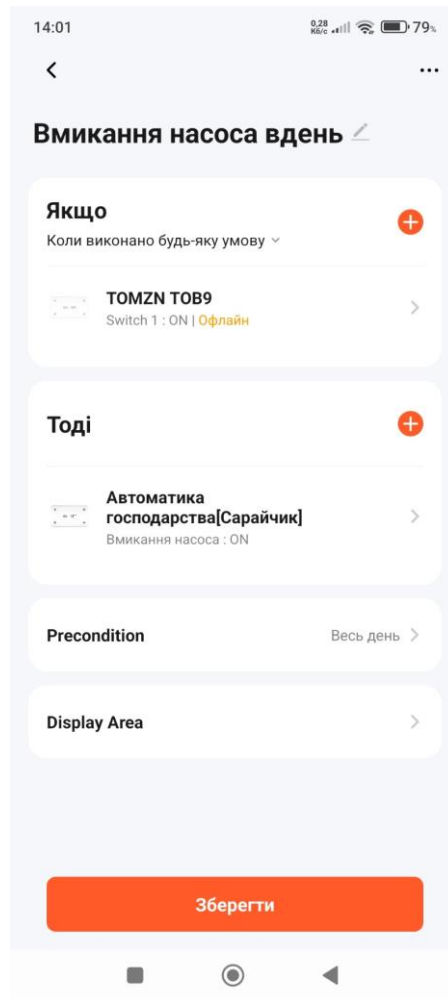


Рисунок 3.5 – Скриншот автоматизації вмикання насоса від СЕС

Отже автоматизація на базі TuYa Smart Relay 4CH забезпечує простий, доступний і гнучкий спосіб керування електрообладнанням без використання складних або дорогих промислових рішень. Завдяки підтримці розкладів, умов, таймерів і хмарного керування, можлива реалізація як періодичних сценаріїв, так і часових обмежень. Об'єднання кількох каналів у одному

пристрої дозволяє керувати декількома технологічними процесами або режимами з єдиного інтерфейсу. Це рішення оптимально підходить для побутових, господарських та сільськогосподарських задач, де важлива надійність, простота впровадження та масштабованість системи. Таким чином, з моєї точки зору, реалізація системи на TuYa Smart Relay 4CH є правильним рішенням.

## ВИСНОВКИ

Таким чином за результатами кваліфікаційної роботи зроблено огляд типових систем організації водопостачання, розроблено концепцію побудови системи керування обладнанням, зроблено вибір контролера для керування насосною станцією, виконано вибір обладнання, що відповідає за логіку роботи системи, обрано елементи інтеграції системи до домашньої СЕС. Розроблено загальну структуру системи та реалізовано сценарії керування обладнанням на платформі TuYa Smart.

У результаті виконаної роботи було розроблено сучасну, надійну та доступну систему автоматизованого керування насосною станцією, що базується на компонентах з підтримкою платформи TuYa Smart. Система забезпечує гнучке керування насосом за рівнем води, моніторинг наявності надлишкової генерації енергії домашньою СЕС, реалізацію розкладів та циклічних сценаріїв, а також віддалений доступ і сповіщення через мобільний додаток. Поєднання спеціалізованих модулів із багатоканальним контролером з підтримкою платформи TuYa дозволило досягти високої функціональності без складного програмування. Загальна концепція побудови системи орієнтована на простоту впровадження, енергоефективність, масштабованість і низьку вартість експлуатації, що робить її доцільною для застосування у побуті, на дачах, у сільському господарстві або на невеликих комерційних об'єктах.

За результатами досліджень кваліфікаційної роботи опубліковано тези доповіді на п'ятнадцятій міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» 24-25 квітня 2025 року [16].

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Resolution 64/292: The human right to water and sanitation. United Nations. August 2010. URL: <http://undocs.org/A/RES/64/292>(дата звернення: 20.05.2025).
2. Герасимов Г. Г. Проектування автоматизованих насосних станцій підкач-ки: Навчальний посібник – довідник. – Рівне: НУВГП, 2007.– 552 с., іл.
3. Ilya Furman. Development and study of technological visual programming of logic control problems / Ilya Furman, Stanislav Bovchaliuk, Alexander Allashev, Aleksey Piska-rev // Eastern-European Journal of Enterprise technologies, – 2017. – № 6/2 (90). –Р. 23–31.
4. Насосна станція Optima IPS-1 SMART URL:<https://color-pac.kiev.ua/ua/p701744774-nasosnaya-stantsiya-optima.html> (дата звернення: 19.05.2025).
5. Насосні станції URL:<https://alko-garden.com.ua/sadoviy-instrument/nasosi-dlya-vodi/nasosni-stanciji/> (дата звернення: 19.05.2025).
6. Контролер насосний Новатек-Електро МСК-108 URL:<https://axiomplus.com.ua/ua/rele-urovnya-zhidkosti/product-63010/#tab-attrs> (дата звернення: 19.05.2025).
7. Реле контролю рівня рідини F&F PZ-828 RC B 2S URL: <https://axiomplus.com.ua/ua/rele-urovnya-zhidkosti/product-34722/> (дата звернення: 19.05.2025).
8. Шафа керування насосом з частотним перетворювачем (ШКН-ПЧ) URL:[https://privod.kiev.ua/ua/shkaf\\_upravleniya\\_nasosom\\_s\\_chastotnym\\_preobrazovatelem\\_shun-pch](https://privod.kiev.ua/ua/shkaf_upravleniya_nasosom_s_chastotnym_preobrazovatelem_shun-pch) (дата звернення: 20.05.2025).
9. Настанова щодо експлуатування RSU-41N URL:<file:///C:/Users/Staso/Documents/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D1%89%D0%BE%D0%B4%D0%BE%20%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%BB%D1%83%D0%>

B0%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20RSU-41N.pdf (дата звернення: 20.05.2025).

10. Таймер ТМ-2 багатофункціональний 10А URL: <https://omega.com.ua/ua/p50951896-tajmer-mnogofunktsionalnyj-10a.html> (дата звернення: 19.05.2025).

11. Датчики рівня води, регулятор рівня води автоматично контролює та підтримує потрібний рівень води URL: <https://rozetka.com.ua/ua/506367264/p506367264/> (дата звернення: 19.05.2025).

12. DF-96DK Автоматичний контролер рівня води з датчиками 220В URL: <https://co-di.com.ua/ua/p1252880395-96dk-avtomaticheskij-kontroller.html?srsId=AfmBOorMEbmrnJ94Ur2KOIRAYmHeajcu07fCg6OKmTLjTUlvhnYDKQIG> (дата звернення: 19.05.2025).

13. -х канальний WIFI+Радіо 433 МГц вимикач-реле (сухий контакт) на 5/7-32 Вольти або 5/85 -265Вольти URL: <https://eclipse.in.ua/wi-fi-pristroyi/4-h-kanalnij-wifiradio-433-mgc-vimikach-rele-suhij-kontakt-n> (дата звернення: 19.05.2025).

14. Гібридний інвертор Deye SUN-8K-SG01LP1-EU WiFi URL: [https://e-energy.in.ua/Solar\\_Inverters/gibrydnyj-invertor-deye-sun-8k-sg01lp1-eu-wifi.html](https://e-energy.in.ua/Solar_Inverters/gibrydnyj-invertor-deye-sun-8k-sg01lp1-eu-wifi.html) (дата звернення: 19.05.2025).

15. ІНСТРУКЦІЇ DEYE URL: <https://www.deye-ukraine.com.ua/manual> (дата звернення: 19.05.2025).

16. Колісник Д. Д., Бовчалуок С. Я. Система підтримки рівня води у водонапірній ємності // СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ. Тези доповідей п'ятнадцятої міжнародної науково-технічної конференції 24 – 25 квітня 2025 року. Том 2: Секція 2. 2025. С. 18. DOI: <https://doi.org/10.32620/ICT.25.t2>.