

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

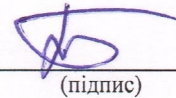
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматики

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри


(підпис)

І. С. Білюк

« 16 » 06 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва спеціальності)

освітня програма Електромеханіка та електроенергетика
(назва освітньої програми)

на тему: «Система керування електроприводом жалюзі»

Виконав: студент IV курсу, групи 4371

Онищенко Олег Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

асист. каф. автоматики, к.т.н, Іванов А.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

доц. каф. автоматики, Васильєв О.Г.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

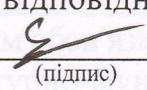
Рецензент

доц. каф. СЕЕС, к.т.н., доц., Новогрецький С.М.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

м. Миколаїв – 2025 р.

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра _____ автоматики
Освітній ступінь _____ бакалавр
Галузь знань _____ 14 «Електрична інженерія»
(шифр і назва)
Спеціальність _____ 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва)
Освітня програма _____ «Електромеханіка та електроенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, к.т.н.

доцент

І.С. Білюк

«7» 02 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ

гр.4371

Онищенко Олег Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Система керування електроприводом жалюзі»
керівник роботи Іванов Антон Віталійович, кандидат технічних наук, асистент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «23» квітня 2025 року № 97-343

2. Строк подання студентом роботи 10 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи керований об'єкт — горизонтальні або вертикальні жалюзі з електроприводом; тип електроприводу — малогабаритний двигун постійного струму або кроковий двигун; джерело живлення — мережа 220 В або постійна напруга 5–24 В; метод керування — ручний (кнопковий), дистанційний або автоматичний (за допомогою датчиків освітленості чи часу доби); контролер — ESP32 або інший мікроконтролер;

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Аналіз сучасних систем керування жалюзі. 2 Проектування системи керування електроприводом жалюзі. 3 Програмна реалізація та алгоритм роботи системи керування. 5 Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових графіків) 1 Існуючі рішення керування жалюзі. 2 Структурно-функціональна схема системи керування жалюзі. 3 Електрична схема системи керування жалюзі. 4 Схема підключення елементів системи керування. 5 Алгоритм загальної роботи

системи, ініціалізації компонентів та вильоту жалюзі. 6 Основний алгоритм програми керування жалюзі 7. Результати програмування автоматичної системи жалюзі

6. Консультанти розділів роботи

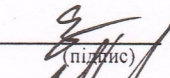
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Іванов А. В., к.т.н., асистент кафедри	28.04.25	01.06.25

7. Дата видачі завдання 30 березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасних систем керування жалюзі	27.04.25	
2	Проектування системи керування електроприводом жалюзі	11.05.25	
3	Програмна реалізація та алгоритм роботи системи керування	25.05.25	
4	Охорона праці	01.06.25	

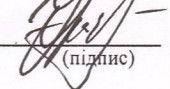
Студент


(підпис)

Онищенко О. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Іванов А. В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Ключові слова : система керування жалюзі, електропривод, автоматизація, мікроконтролер ESP32, WiFi керування, ручне та автоматичне керування, бездротові технології, гібридні системи.

Об'єм пояснювальної записки складає 104 аркуші , вона містить 4 розділи, 27 ілюстрація , 9 таблиць та найменувань в списку використаної літератури та 8 аркушів мультимедійної презентації.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню та проектуванню системи керування електроприводом жалюзі. Розроблена система базується на мікроконтролері ESP32 та забезпечує як ручне, так і автоматизоване управління положенням ламелей. В роботі подано характеристику основних компонентів системи, таких як датчик освітленості BH1750, драйвер ULN2003 та кроковий двигун 28BYJ-48. Складено структурну та електричну схеми, обґрунтовано вибір елементної бази. Розроблено програмне забезпечення, що дозволяє керування через Wi-Fi по протоколу TCP/IP, з можливістю логування, налаштування за освітленістю та часом. Для демонстрації алгоритмів роботи системи використано блок-схеми та методи програмної реалізації. Крім того, в роботі розглянуті питання з охорони праці. Додатки містять слайди мультимедійної презентації (Додаток А).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЖАЛЮЗІ	9
1.1 Типи систем керування жалюзі: ручні та автоматизовані	9
1.2 Огляд технологій керування: провідні та безпроводні рішення.....	12
1.3 Пристрої, що застосовуються в системах керування жалюзі	15
1.4 Переваги та недоліки сучасних систем керування.....	17
Висновки за 1 розділом	22
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ЖАЛЮЗІ.....	24
2.1 Структурно-функціональна схема системи керування та її опис	24
2.2 Електрична схема системи керування	26
2.3 Підбір та обґрунтування вибору компонентів системи	28
2.3.1 Мікроконтролерний модуль ESP-WROOM-32	28
2.3.2 Датчик освітленості BH1750.....	30
2.3.3 Драйвер ULN2003	34
2.3.4 Кроковий двигун 28BYJ-48.....	36
Висновки за 2 розділом.....	38
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ	39
3.1. Алгоритм функціонування системи керування жалюзі	39
3.2. Розробка схеми системи керування.....	42
3.3. Розробка програмного забезпечення для системи керування.....	44
3.4. Алгоритм функціонування інтерфейсу дистанційного керування системою	67

3.5 Аналіз графіків роботи автоматизованої системи	69
Висновки за 3 розділом	73
РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	74
4.1 Інструкція з охорони праці при лудінні і паянні	74
1. Загальні положення.....	74
2. Вимоги безпеки перед початком роботи	75
3. Вимоги безпеки під час роботи.....	75
4. Вимоги безпеки після закінчення роботи	75
5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	76
4.2 Правила охорони праці під час виробництва радіо- та електронної апаратури	76
1. Загальні положення.....	76
2. Загальні вимоги	77
3. Вимоги безпеки до організації робочих місць	81
4. Вимоги з охорони праці до технологічних процесів під час виробництва радіо- та електронної апаратури	83
4.3 Інструкція з техніки безпеки під час роботи з електропаяльником	96
1. Загальні положення.....	96
2. Вимоги безпеки до початку роботи.....	97
3. Вимоги безпеки під час виконання робіт.....	97
4. Вимоги безпеки після закінчення роботи	98
5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	98
ВИСНОВКИ	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	101
ДОДАТОК А МУЛЬТИМЕДІЙНА ПРЕЗЕНТАЦІЯ	105

ВСТУП

Сучасні технології активно проникають у всі сфери життя, і автоматизація побутових процесів не є винятком. Однією з ключових складових комфортного житлового або робочого простору є ефективне управління природним освітленням. Жалюзі, як елемент інтер'єру, виконують не лише естетичну функцію, а й забезпечують контроль над освітленістю, приватністю та енергоефективністю приміщення. Проте традиційні ручні системи керування жалюзі вже не задовольняють сучасні вимоги до зручності, функціональності та інтеграції з інтелектуальними системами.

Актуальність даної роботи полягає у розробці автоматизованої системи керування електроприводом жалюзі, яка поєднує в собі переваги сучасних технологій, таких як IoT, точне позиціонування та адаптивне управління. Автоматизовані системи дозволяють не лише підвищити комфорт користувачів, а й заощаджувати енергію за рахунок оптимального використання природного світла та запобігання перегріву приміщень.

Метою даної роботи є проектування, розробка та впровадження системи керування жалюзі на базі мікроконтролера ESP32, яка забезпечує дистанційне керування, автоматичне регулювання за рівнем освітленості та інтеграцію з іншими елементами "розумного будинку". Для досягнення цієї мети було поставлено низку завдань:

- провести аналіз існуючих систем керування жалюзі, визначити їх переваги та недоліки;
- розробити структурну та електричну схеми системи;
- обґрунтувати вибір компонентів, зокрема мікроконтролера, датчиків та виконавчих механізмів;
- реалізувати програмне забезпечення для керування системою;

- протестувати систему та проаналізувати її ефективність.
- реалізувати програмне забезпечення для керування системою;
- протестувати систему та проаналізувати її ефективність.

Об'єктом дослідження є системи автоматизованого керування жалюзі, а предметом — розробка та оптимізація алгоритмів їх роботи на базі сучасних мікроконтролерних платформ.

Робота має як теоретичну, так і практичну цінність. Теоретичні аспекти включають аналіз сучасних технологій керування, тоді як практична частина демонструє реалізацію функціональної системи з використанням доступних компонентів. Результати роботи можуть бути використані для подальших досліджень у галузі автоматизації будівель, розвитку IoT-рішень та впровадження енергоефективних технологій.

Структура роботи відповідає поставленим завданням. У першому розділі проведено аналіз сучасних систем керування жалюзі, розглянуто їх типи, технології та пристрої. Другий розділ присвячений проектуванню системи, включаючи вибір компонентів та розробку електричних схем. У третьому розділі описано програмну реалізацію системи, алгоритми її роботи та результати тестування.

У цілому, дана робота вносить внесок у розвиток автоматизованих систем керування, демонструючи можливість створення ефективних, доступних та масштабованих рішень для сучасних будівель.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЖАЛЮЗІ

1.1 Типи систем керування жалюзі: ручні та автоматизовані

Жалюзі є невід'ємною частиною сучасного інтер'єру, забезпечуючи не лише естетичну привабливість, але й функціональний контроль над освітленням та приватністю приміщення. Одним з ключових аспектів при виборі жалюзі для користувача є тип системи керування, який визначає зручність використання, функціональні можливості та загальну вартість рішення.

Системи керування освітленням у будівлях створюються з метою надати мешканцям не лише візуальний комфорт, але й можливість заощадження енергії шляхом контролю електричного освітлення. Починаючи з 1987 року, такі системи розвивалися на основі ідеї, що локальні автоматизовані засоби можуть бути економнішими, ніж традиційне ручне регулювання. Але за яких умов такі системи дійсно допомагають економити енергію і наскільки значна ця економія? Інженери та дизайнери освітлення повинні бути обізнані з широким вибором електронних засобів керування і вміти грамотно їх застосовувати у конкретних проєктах. Якщо вартість систем легко знайти у відкритих джерелах, то інформація про їхню реальну ефективність часто обмежена і значною мірою залежить від умов конкретного об'єкта. Проте, моделювання енергоефективності автоматизованих систем є відносно простим завдяки наявності визначених зв'язків між фізичними параметрами, як-от рівень освітлення, що фіксується фотоелементом, і стан електросвітлової системи.

Системи керування жалюзі можна умовно розділити на два основні типи: **ручні та автоматизовані**. Кожен з них має свої унікальні характеристики, переваги та сфери застосування, які варто розглянути детально для прийняття обґрунтованого рішення.

Ручні системи керування – традиційні та найбільш поширені варіанти управління жалюзі. Класичні варіанти класифікації цієї системи представлені у **шнурковому механізмі, стрічковому приводі, жердинному механізмі та рукоятковому приводі** [1]. Характерно вони базуються на механічних принципах та потребують безпосередньої участі користувача для зміни положення або кута нахилу ламелей. Система шнуркового механізму, як найпопулярнішого рішення для горизонтальних жалюзі, складається з ланцюжка або шнура, який дозволяє піднімати та опускати конструкцію. У такому устрої окремий шнур або стрічка керує поворотом ламелей, що забезпечує точне регулювання кута падіння світла. У свою чергу стрічковий привід використовується переважно для вертикальних жалюзі. Широка стрічка дозволяє плавно та рівномірно переміщувати ламелі вздовж карниза і регулює їхній поворот для оптимальної фільтрації світла. Для більш широких конструкцій зазвичай використовують жердинний механізм, який представлений у вигляді металевої або пластикової жердини, яка встановлюється збоку від жалюзі. При такій збірці поворот жердини призводить до синхронного повороту всіх ламелей. Начасним варіантом ручного керування є рукоятковий привід. Найчастіше зазначений механізм використовується для важких або великогабаритних конструкцій, оскільки спеціальна рукоятка дозволяє з мінімальними зусиллями керувати положенням жалюзі.

Звернемо увагу на те, що **головною перевагою ручних систем** є їхня економічність у призмі витрат на технічне обслуговування. Одночасно із цим вартість придбання та становлення таких жалюзі істотно нижча порівняно із автоматизованими аналогами, що забезпечує принцип доступності для широкого кола споживачів. Актуальним у наш час є чинник енергонезалежності, який дозволяє використовувати жалюзі навіть при відсутності електроживлення в умовах нестабільного енергопостачання або у приміщеннях без доступу до електромережі. Прикметною перевагою ручних систем є простота обслуговування, так як більшість виникаючих проблем користувач зможе вирішити самостійно без залучення спеціалістів.

Проте, **основним недоліком ручних систем керування** визначаємо необхідність фізичної присутності користувача. Для людей із обмеженими фізичними можливостями або у випадках розташування жалюзі у важкодоступних місцях це може бути незручно.

Автоматизовані системи керування представляють собою сучасне технологічне рішення, яке об'єднує електромеханічні приводи з різноманітними системами управління. Такі системи забезпечують високий рівень комфорту та функціональності.

На наш погляд найпоширенішим **типом електроприводів** для рулонних штор та римських жалюзі є трубчасті двигуни. У такій конструкції компактний двигун розміщується всередині валу і забезпечує естетичний зовнішній вигляд та ефективність роботи. Для вертикальних жалюзі класично використовують карнизні двигуни. Вони встановлюються у карниз і надають плавне переміщення ламелей вздовж направляючих. Важкі конструкції, у яких потрібне значне зусилля для переміщення жалюзі, використовують ланцюгові приводи. Прикметною рисою цього типу електроприводу є здатність працювати із конструкціями вагою до кількох десятків кілограмів.

Поряд із тим, існують **різні автоматизовані системи управління, серед яких визначаємо дротове і бездротове керування, смарт-системи і сенсорне керування**. Найпростішим серед зазначених варіантів розглядаємо дротове керування. Воно передбачає використання кнопок та перемикачів, які підключаються до приводу за допомогою кабелю. У свою чергу, бездротове керування базується на зручних радіочастотних технологіях за допомогою контролерів дистанційного керування, які дозволяють управляти жалюзі з відстані до 30-50 метрів. Актуальними є смарт-системи, інтеграція яких за допомогою мобільного застосунку передбачає керування системою жалюзі через пристрої з будь-якої точки світу лише за наявності інтернет-з'єднання. Модерним засобом керування є сенсорне, яке автоматизує роботу жалюзі на основі показників датчиків освітлення, температури, вітру або дощу. Вона самостійно

реагує на зміни зовнішніх умов без участі користувача. На рисунку 1.1 запропонована порівняльна характеристика обговорених систем.

Сучасний ринок пропонує **гібридні системи**, які поєднують переваги ручного та автоматичного керування. Використання таких систем дозволяє споживачу обрати найбільш оптимальний спосіб управління залежно від ситуації. З одного боку, системи з ручним дублюванням пропонують можливість управління жалюзі у стандартному ручному режимі при виході з ладу автоматики або відсутності електроживлення. З іншого боку – безпроводні технології нового покоління включають системи на базі протоколів Zigbee, Z-Wave та WiFi, які забезпечують стабільний зв'язок [1].

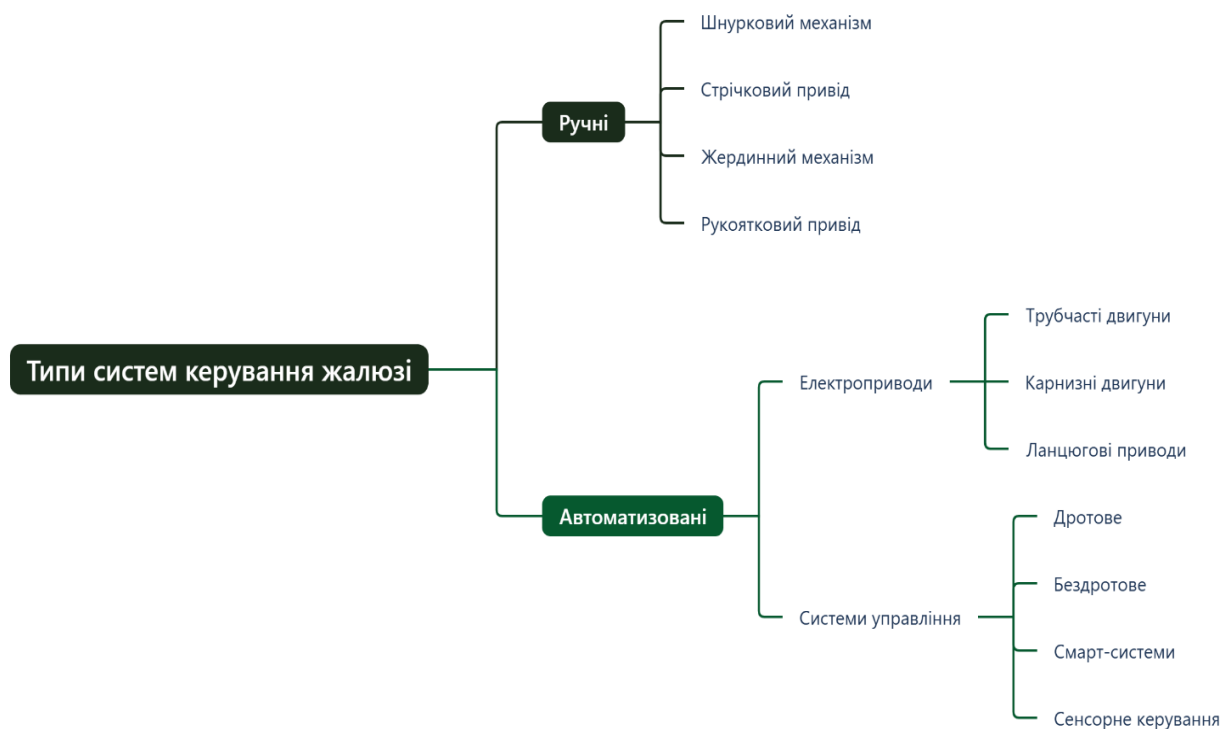


Рис. 1.1.1 Типи систем керування жалюзі.

1.2 Огляд технологій керування: провідні та безпроводні рішення

Сучасні системи керування жалюзі використовують різноманітні технології передачі сигналів та команд, які можна розділити на дві основні категорії: **провідні та безпроводні рішення**. Провідні системи (див. табл. 1.2.1)

– це надійність, традиційність і стабільність, але з потребою попереднього планування. Безпроводні рішення (див. табл.1.2.2.) – це адаптованість, зручність і сучасність.

По-перше, **низьковольтні провідні системи** працюють на напрузі 12-24В, що забезпечує високий рівень безпеки та дозволяє прокладати кабелі без спеціальних вимог до ізоляції. Як правило, такі системи використовують спеціальні багатожильні кабелі для передачі команд керування та живлення електроприводів. По-друге, **системи на базі протоколу KNX/EIB** представляють професійний європейський стандарт будівельної автоматизації. Слід виділити, що вони забезпечують високу надійність та можливість інтеграції з іншими інженерними системами будівлі. Протокол KNX дозволяє підключати до однієї лінії до 64 пристроїв та створювати складні ієрархічні структури управління [2]. По-третє, **RS-485 інтерфейс** широко використовується у комерційних системах завдяки можливості передачі даних на великі відстані (до 1200 метрів) та підключення багатьох пристроїв до однієї лінії зв'язку. Істотно те, що цей протокол забезпечує стабільну роботу навіть в умовах електромагнітних перешкод [3]. По-четверте, **Ethernet-підключення** дозволяє інтегрувати системи керування жалюзі в комп'ютерні мережі будівлі, забезпечуючи можливість віддаленого моніторингу та управління через веб-інтерфейс.

Серед **безпроводних рішень** відносимо, до прикладу, **радіочастотні системи (RF)**, які працюють в діапазонах 433 МГц або 868 МГц та забезпечують дальність дії до 200 метрів у прямій видимості. Модерні RF-системи використовують технології frequency hopping та encryption для підвищення надійності та безпеки передачі даних. **Протокол Z-Wave** спеціально розроблений для систем домашньої автоматизації. Він працює в діапазоні 868-869 МГц у Європі та забезпечує створення mesh-мережі, де кожен пристрій може виступати ретранслятором сигналу, збільшуючи загальну дальність дії системи [4].

Таблиця 1.2.1 Порівняльна таблиця систем керування жалюзі (провідні системи) [2; 3]

Система	Напруга/ частота	Дальність	Кількість пристроїв	Переваги	Недоліки
Низьковольтна	12-24В	Обмежена кабелем	Необмежено	Висока безпека простота монтажу	Потреба кабелях
KNX/EIB	29В DC	До 1000 сегмент	До пристроїв лінію	Професійність, ступень інтеграції	Висока вартість
RS-485	5В логічна	До 1200м	До пристроїв	Стійкість перешкод	Складність конфігурації
Ethernet	48В PoE	Необмежена	Необмежена	Мережева інтеграція	Потреба мережевій інфраструктурі

Одночасно з цим, **Zigbee технологія** базується на стандарті IEEE 802.15.4 та забезпечує низьке енергоспоживання при високій надійності зв'язку. Характерно, що протокол підтримує створення self-healing мереж, які автоматично відновлюють зв'язок при виході з ладу окремих вузлів [5]. **WiFi-підключення** дозволяє інтегрувати жалюзі в домашню бездротову мережу, забезпечуючи можливість керування через мобільні додатки та голосових асистентів. Однак слід врахувати, що WiFi-системи споживають більше енергії порівняно з спеціалізованими протоколами автоматизації [6]. Зауважимо, що **Bluetooth Low Energy (BLE)** використовується переважно для локального керування через смартфони та планшети. Технологія забезпечує низьке енергоспоживання та швидке підключення, але має обмежену дальність дії – до 10-30 метрів [7].

1.3 Пристрої, що застосовуються в системах керування жалюзі

Модерні системи керування жалюзі включають широкий спектр пристроїв, кожен з яких виконує специфічні функції в загальній архітектурі системи.

Перш за все, електромеханічні приводи є серцем автоматизованих систем. **Трубчасті двигуни** потужністю від 6 до 50 Нм забезпечують плавне та точне позиціонування жалюзі. Слід зазначити, що сучасні приводи оснащуються енкодерами для точного контролю положення та системами м'якого старту/стопу для зменшення механічного навантаження.

З іншого боку, **серводвигуни** з редукторами використовуються в системах, які потребують високої точності позиціонування. Характерно, що вони здатні утримувати позицію без постійного споживання енергії та забезпечують тихий режим роботи. По-третє, **лінійні актуатори** застосовуються для керування важкими зовнішніми жалюзі та мансардними вікнами. Вони забезпечують значне тягове зусилля (до 1000 Н) та можуть працювати в складних погодних умовах. Звернемо увагу на те, що **настінні панелі керування** представлені у різних варіантах: від простих кнопок до сенсорних панелей з LCD-дисплеями. Сучасні панелі можуть відображати статус кожної групи жалюзі, час роботи та налаштування автоматичних сценаріїв. Поряд з тим, **дистанційні пульти** варіюються від простих одноканальних до багатофункціональних пристроїв з можливістю керування декількома групами жалюзі. Преміальні пульти оснащуються LCD-дисплеями та можливістю програмування макрокоманд. Найбільш помітний розвиток демонструють **мобільні додатки**, які стають звичним інтерфейсом для сучасних систем. Вони дозволяють не лише керувати жалюзі, але й налаштовувати складні сценарії, відслідковувати енергоспоживання та отримувати сповіщення у режимі реального часу про поточний стан системи.

Таблиця 1.2.2 Порівняльна таблиця систем керування жалюзі (провідні системи) [4-7]

Система	Напруга/ частота	Дальність	Енерго- споживання	Переваги	Недоліки
RF система	433 або 868 МГц	До 200м	Середнє	Простота, надійність	Обмежена функціональність
Z-Wave	868-869 МГц	30 м (mesh до 100м)	Низьке	Mesh- мережа	Вартість пристроїв
Zigbee	2.4 ГГц	10-20м (mesh до 100м)	Дуже низьке	Self-healing, стандартизація	Перехрестні перешкоди
WiFi	2.4/5 ГГц	До 50м приміщенні	Високе	Інтеграція ІоТ, застосунки	Енергоспоживання, складність
Bluetooth Low Energy (BLE)	2.4 ГГц	10-30м	Дуже низьке	Швидке підключення простота	Обмежена дальність

Серед **сенсорів** слід виділити **датчики освітлення (люксметри)**, які автоматично регулюють положення жалюзі залежно від інтенсивності природного освітлення. Сучасні датчики можуть розрізняти пряме та розсіяне світло, забезпечуючи оптимальний рівень комфорту. Одночасно з тим, температурні датчики контролюють тепловий режим приміщення та можуть автоматично закривати жалюзі для запобігання перегріву влітку або відкривати для додаткового обігріву взимку. Особливо важливими є **датчики вітру та дощу**, які є обов'язковими для зовнішніх жалюзі. Вони забезпечують автоматичне

втягування конструкції при несприятливих погодних умовах, запобігаючи пошкодженням. Крім того, **PIR-датчики руху** дозволяють автоматично регулювати жалюзі залежно від присутності людей в приміщенні, оптимізуючи енергоспоживання та забезпечуючи додатковий комфорт. Слід додати, що датчики відкриття вікон інтегруються з системою керування жалюзі для автоматичного підняття конструкції при відкритті вікна, запобігаючи пошкодженню механізмів.

Вважаємо, що найбільш важливим компонентом є **контролери систем**, які координують роботу всіх компонентів та виконують запрограмовані алгоритми. Сучасні контролери оснащуються процесорами ARM з достатньою обчислювальною потужністю для реалізації складних алгоритмів штучного інтелекту. Водночас, **шлюзи протоколів** забезпечують взаємодію між різними технологіями керування та інтеграцію з системами більш high-level, такими як BMS (Building Management System) або SCADA. На додачу до всього вищезгаданого, **хмарні сервіси** дозволяють зберігати налаштування системи, аналізувати статистику використання та забезпечувати віддалене керування через інтернет [8].

1.4 Переваги та недоліки сучасних систем керування

Аналіз переваг та недоліків сучасних систем керування жалюзі допомагає зробити обґрунтований вибір та правильно оцінити очікування від впровадження автоматизації.

Підвищення енергоефективності досягається завдяки оптимальному використанню природного освітлення та контролю теплообміну через вікна. Ілюструємо це положення: дослідження показують, що правильно налаштовані автоматичні жалюзі можуть знизити витрати на опалення та кондиціонування на 15-30%. **Максимальний комфорт користування** забезпечується можливістю створення персоналізованих сценаріїв роботи. Система може автоматично

адаптуватися до щоденного розкладу користувача, створюючи оптимальні умови освітлення протягом дня. Важливим чинником визначаємо й **захист інтер'єру та меблів** від ультрафіолетового випромінювання, який продовжує термін служби дорогих меблів, килимів та творів мистецтва. Автоматичне регулювання жалюзі забезпечує оптимальний баланс між природним освітленням та захистом від шкідливого UV-випромінювання. Крім того, **підвищення безпеки** досягається завдяки можливості імітації присутності власників вдома шляхом автоматичного керування жалюзі за заданими сценаріями. Інтеграція з системами безпеки дозволяє автоматично закривати жалюзі при спрацюванні сигналізації. Слід виділити **збільшення продуктивності** в офісних приміщеннях, яке досягається завдяки оптимальному освітленню робочих місць. Автоматичне регулювання жалюзі запобігає засліпленню монітора та підтримує комфортний рівень освітленості. Особливо цінним є **дистанційне керування** для людей з обмеженими фізичними можливостями та для керування жалюзі у важкодоступних місцях, таких як високі вікна або мансардні конструкції. **Інтеграція з екосистемою розумного дому** дозволяє створювати комплексні сценарії автоматизації, які включають освітлення, клімат-контроль, аудіосистеми та системи безпеки.

З одного боку, **висока початкова вартість** залишається основним бар'єром для масового впровадження автоматизованих систем. В застосуванні до середньої квартири повна автоматизація може коштувати від \$5,000 до \$15,000, що в 3-5 разів перевищує вартість ручних жалюзі. З іншого боку, **складність проектування та встановлення** потребує залучення кваліфікованих спеціалістів на всіх етапах – від проектування до налаштування системи. Неправильне планування може призвести до неефективної роботи або навіть відмови системи. Істотним недоліком є **залежність від електроживлення**, що робить систему вразливою до перебоїв у електропостачанні. Хоча багато систем оснащуються резервними акумуляторами, їх ємності зазвичай вистачає лише на кілька циклів роботи. Слід врахувати **потребу в регулярному обслуговуванні**, яка включає калібрування датчиків, оновлення програмного забезпечення,

заміну батарейок в бездротових пристроях та профілактичне обслуговування механічних компонентів. Зауважимо, що **кібербезпека** стає все більш актуальною проблемою для підключених до інтернету систем. Недостатній захист може дозволити зловмисникам отримати контроль над системою або отримати інформацію про режим життя власників. Необхідно підкреслити проблему **сумісності та стандартизації**, яка залишається актуальною через різноманітність протоколів та відсутність єдиних стандартів. Це може ускладнити розширення системи або заміну окремих компонентів. Зрештою, **надскладність для простих завдань** може виникати, коли потужні системи автоматизації використовуються для вирішення простих задач, що призводить до невиправдано високих витрат та складності в експлуатації.

Що стосується економічної ефективності, **термін окупності** автоматизованих систем керування жалюзі зазвичай становить 3-7 років залежно від типу будівлі, кліматичних умов та вартості енергоносіїв. В комерційних будівлях окупність може бути швидшою завдяки більшим масштабам економії. Слід зазначити **вплив на вартість нерухомості**, який також варто враховувати при оцінці ефективності інвестицій. Сучасні системи автоматизації можуть підвищити ринкову вартість нерухомості на 3-8%. Типово, **операційні витрати** включають електроенергію для роботи системи (зазвичай незначні), регулярне обслуговування та можливі ремонти. Правильно спроектовані системи мають низькі операційні витрати протягом всього терміну служби.

Сучасний ринок пропонує гібридні системи, які поєднують переваги ручного та автоматичного керування. Основне в таких рішеннях - можливість користувача обирати найзручніший спосіб управління залежно від ситуації. **Системи з ручним дублюванням** забезпечують можливість керування жалюзі в ручному режимі при виході з ладу автоматики або відсутності електроживлення. Зауважимо, що **сонячні панелі**, інтегровані в конструкцію жалюзі, можуть забезпечувати автономне живлення для електроприводів, що особливо актуально для зовнішніх жалюзі. Слід виділити **безпроводні технології**

нового покоління, які включають системи на базі протоколів Zigbee, Z-Wave та WiFi, що забезпечують стабільний зв'язок та низьке енергоспоживання.

При виборі типу системи керування жалюзі варто враховувати кілька ключових факторів: **бюджет проєкту** (є визначальним фактором, оскільки різниця у вартості між ручними та автоматизованими системами може бути суттєвою); **розмір та кількість жалюзі** (впливають на доцільність автоматизації, для великих приміщень з багатьма вікнами автоматичне керування може виявитися більш практичним); **частота використання** (визначає економічну ефективність інвестицій в автоматизацію, при рідкому використанні ручне керування може бути достатнім); **вимоги до інтеграції** (з існуючими системами автоматизації будинку можуть схилити вибір на користь смарт-рішень); **фізичні особливості користувачів** (доступність жалюзі для ручного керування, які також відіграють важливу роль у прийнятті рішення) [9].

Ринок систем керування жалюзі динамічно розвивається під впливом технологічного прогресу та зростаючих вимог користувачів до комфорту та енергоефективності. Найбільш перспективним напрямком є інтеграція **штучного інтелекту** в системи управління жалюзі, що дозволяє їм навчатися звичкам користувачів та автоматично оптимізувати роботу. Водночас, **голосове керування** через асистентів Amazon Alexa, Google Assistant та Apple HomeKit стає стандартною функцією для преміальних систем. Зауважимо, що **біометричні датчики** можуть визначати присутність людей в приміщенні та автоматично регулювати освітлення та приватність.

Узагальнюючи все вищесказане, вибір між ручними та автоматизованими системами керування жалюзі залежить від індивідуальних потреб, можливостей та пріоритетів кожного користувача. Ручні системи залишаються актуальними завдяки своїй надійності, простоті та доступності, особливо для житлових приміщень з обмеженим бюджетом. Автоматизовані системи відкривають нові можливості для створення комфортного та енергоефективного середовища,

особливо в комерційних будівлях та сучасних "розумних" будинках. Розвиток технологій робить такі системи все більш доступними та функціональними.

Таким чином, гібридні рішення можуть стати оптимальним компромісом, поєднуючи переваги обох підходів та забезпечуючи гнучкість у використанні. При правильному виборі система керування жалюзі стане надійним помічником у створенні комфортного мікроклімату приміщення на довгі роки [10].

Висновки за 1 розділом

У першому розділі здійснено детальне дослідження сучасних систем управління жалюзі, включаючи їх види, механізми функціонування, технологічні рішення та апаратне забезпечення. Результати аналізу дозволяють зробити наступні основні висновки:

За способом управління системи розподіляються на механічні, автоматичні та комбіновані. Механічні варіанти характеризуються простотою конструкції та низькою вартістю, однак потребують безпосередньої участі користувача. Автоматичні рішення забезпечують більшу зручність використання та економію енергії, але коштують дорожче й потребують професійного сервісу. Комбіновані версії надають можливість ефективно поєднувати сильні сторони різних підходів.

Технологічні рішення включають дротові з'єднання (низькавольтні лінії, протокол KNX, інтерфейс RS-485, мережі Ethernet) та радіозв'язок (радіочастотні канали, стандарти Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi, Bluetooth LE). Остаточний вибір технології визначається специфікою завдання, фінансовими можливостями, розміром об'єкта та необхідністю взаємодії з наявним обладнанням.

Сучасні автоматичні комплекси включають різноманітне устаткування: приводні механізми (циліндричні, поступального руху, сервомотори), датчики (світла, температури, опадів, присутності), блоки управління, сенсорні інтерфейси, дистанційні пульти та програмні додатки для смартфонів. Таке оснащення забезпечує створення багатофункціональних, самоналаштовуваних систем.

Позитивні аспекти автоматизації полягають у зниженні енергоспоживання, підвищенні комфорту проживання, покращенні захисних властивостей, збільшенні ринкової вартості об'єкта, сумісності з технологіями "розумного будинку" та можливості віддаленого контролю.

Обмеження систем пов'язані зі значними капітальними витратами, критичною залежністю від стабільності електропостачання, необхідністю залучення спеціалістів для монтажу та технічного обслуговування, а також викликами сумісності обладнання та захисту від кіберзагроз.

Перспективні напрями демонструють поступове впровадження машинного навчання, технологій розпізнавання мови та біометричних систем, що створює нові можливості для індивідуального налаштування та автономної роботи.

Таким чином, вибір конкретного типу системи управління жалюзі повинен базуватися на збалансованому врахуванні експлуатаційних потреб, фінансових обмежень та специфічних вимог користувача. Найбільш раціональним варіантом у багатьох випадках виявляється застосування комбінованих рішень, які поєднують експлуатаційну надійність із сучасними можливостями автоматизації.

РОЗДІЛ 2

ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ЖАЛЮЗІ

2.1 Структурно-функціональна схема системи керування та її опис

Структурно-функціональна схема пристрою приведена на Рис.2.1. Вона показує взаємовідносини між модулями, що використовуються в системі задля здійснення керування електродвигуном, відповідальним за позиціонування ламелей жалюзі, відносно налаштувань, заданих в програмі керування.

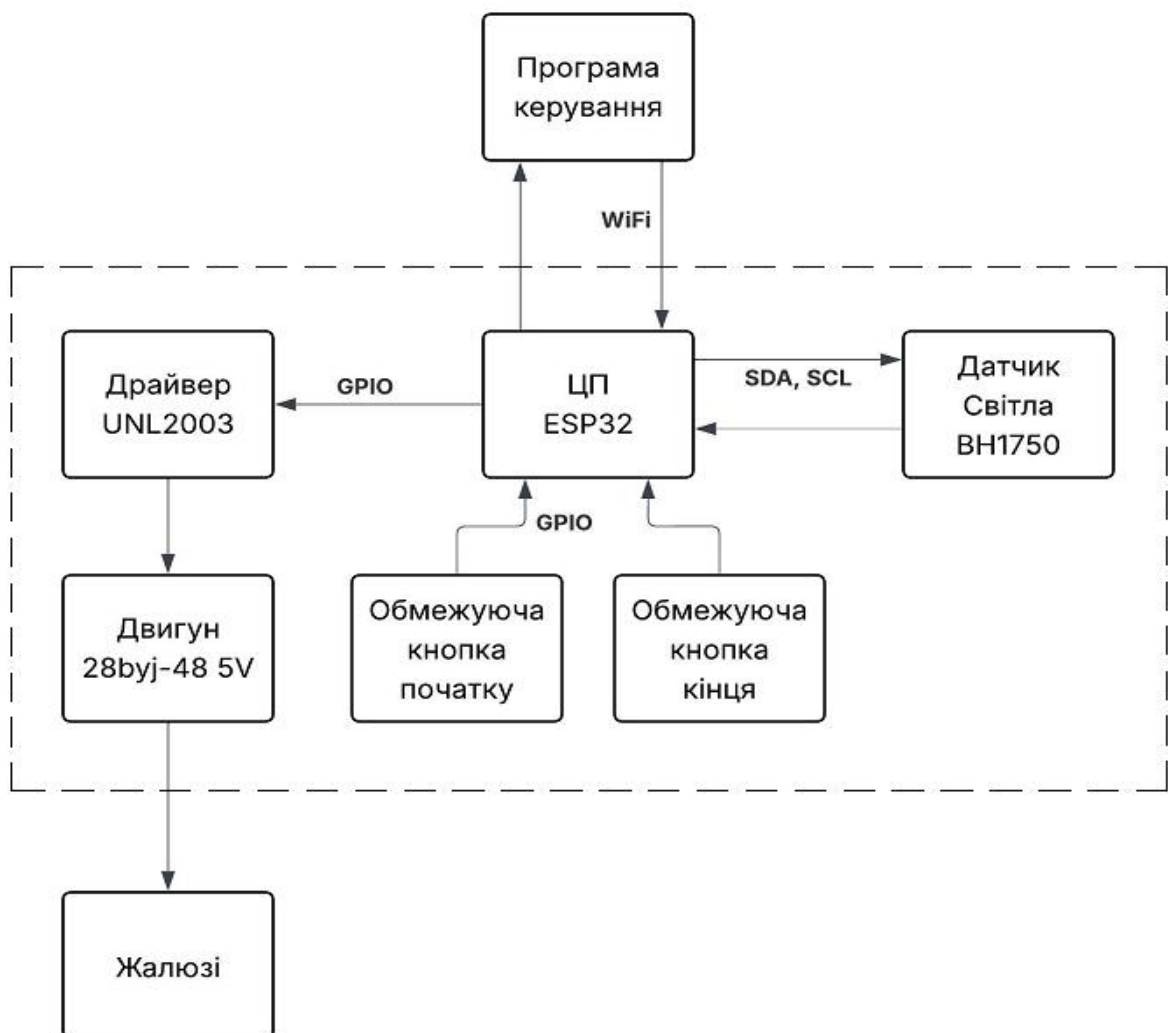


Рис.2.1 Структурно-функціональна схема системи керування жалюзі

Центральний елемент керування представлений мікроконтролером ESP32. Він забезпечує можливість підключення до нього через WiFi, по протоколу TCP/IP, для подальшого задання параметрів керування. Також він координує роботу всіх підсистем, а саме: знімає показники датчика освітленості по протоколу I2C, отримує команди від керуючої програми та обробляє їх відповідно до типу та даних, що в них містяться. Здійснює управління виконавчим механізмом (електродвигуном), відправляє інформацію про поточний стан роботи на комп'ютер, задля збору статистики.

Через шини GPIO підключений спеціалізований драйвер UNL2003, який перетворює забезпечує перетворення керуючих сигналів контролера у відповідні силові сигнали, що подаються на обмотки електропривода.

Збір даних про ступінь освітленості реалізований завдяки датчику світла BH1750. Завдяки обміну сигналами через шини SDA та SCL він надає можливість знімати високоточні вимірювання з мінімальними затримками у часі.

Задля уніфікації пристрою використовуються дві обмежуючі кнопки, підключені через GPIO шини, які фіксують крайні положення жалюзі. Вони забезпечують безпечні умови експлуатації, запобігання механічних пошкоджень при досягненні граничних позицій ламелей та, найголовніше, отримання інформації про загальну кількість кроків, що потрібно двигуну для повного закриття/відкриття. Це технологічне рішення дозволяє монтувати керуючий пристрій на жалюзі будь-яких розмірів.

Переміщення жалюзі здійснюється за допомогою крокового двигуна 28byj-48, працюючого від напруги 5В. Він дає можливість точного позиціонування ламелей на планці.

Система заточена під дистанційне, бездротове керування через WiFi з'єднання з програмою управління. Користувач здатен як власноруч контролювати жалюзі, так і встановлювати налаштування наданих режимів автоматичної роботи.

2.2 Електрична схема системи керування

Було розроблено електричну схему (Рис.2.2) повнофункціональної мікроконтролерної системи, побудованої навколо ESP32. Було прийнято рішення використовувати модульну архітектуру для спрощеного прототипування пристрою.

На схемі представлений порядок з'єднання компонентів один до іншого. Вона включає багаторівневу систему живлення з основними напругами 3.3В та 5В.

Серед вживаних модулів було обрано: ESP-WROOM-32 (керуючий контролер), BH1750 (I2C датчик освітленості) [15], ULN2003 (драйвер управління та живлення кроковим двигуном), 28byj-48 (кроковий двигун).

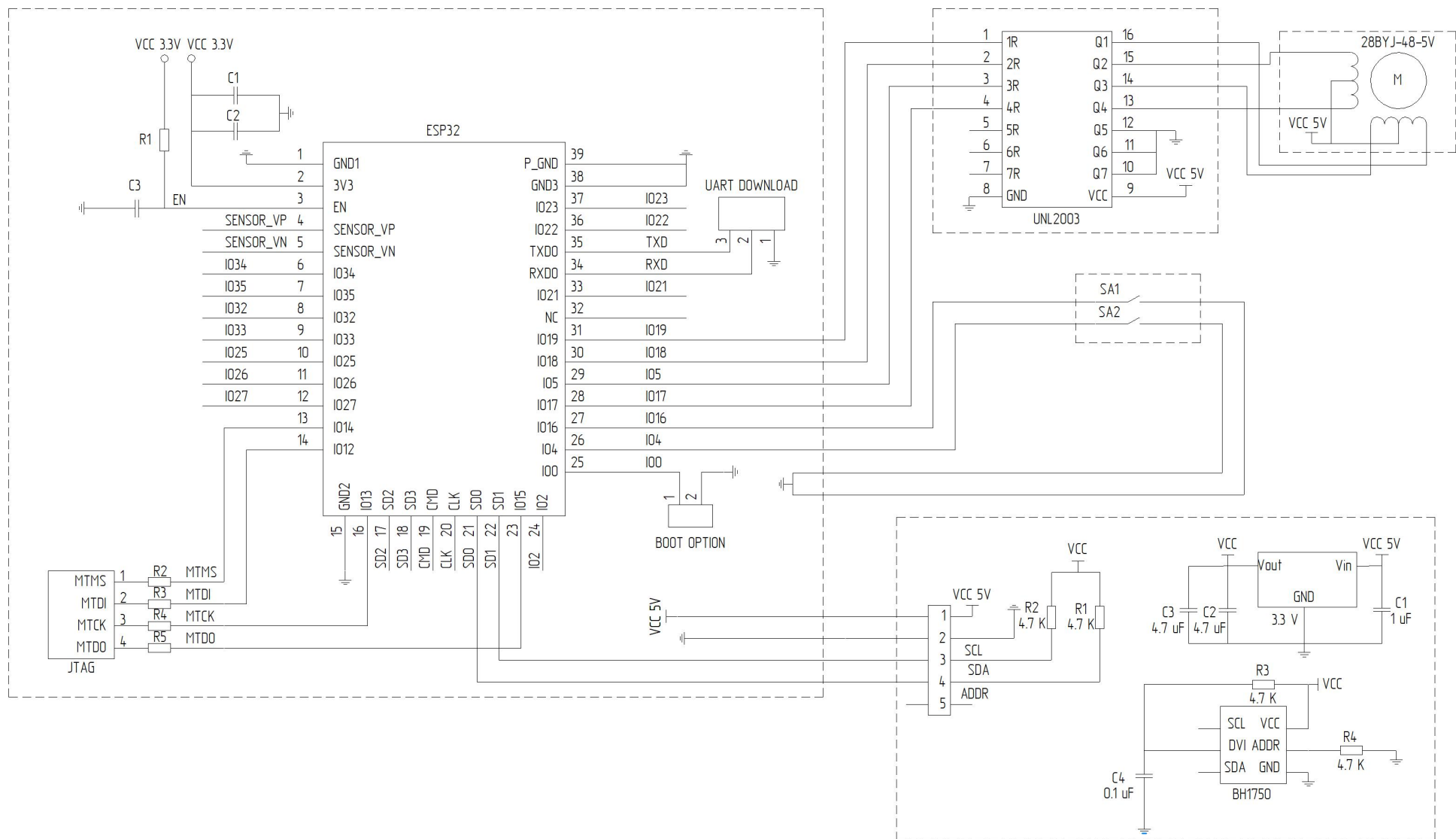


Рис.2.2 Електрична схема системи керування жалюзі

2.3 Підбір та обґрунтування вибору компонентів системи

2.3.1 Мікроконтролерний модуль ESP-WROOM-32

ESP-WROOM-32 (рис.2.3.1) є мікроконтролерним модулем, побудованим на базі чіпа ESP32 від компанії Espressif Systems. Модуль містить мікропроцесор Xtensa LX6 з тактовою частотою до 240 МГц, що забезпечує високу ефективність для виконання складних обчислювальних завдань. Технічні характеристики (див. Табл.2.3.1) дозволяють охопити широкий спектр технологічних рішень, можливим, завдяки ним.[13]

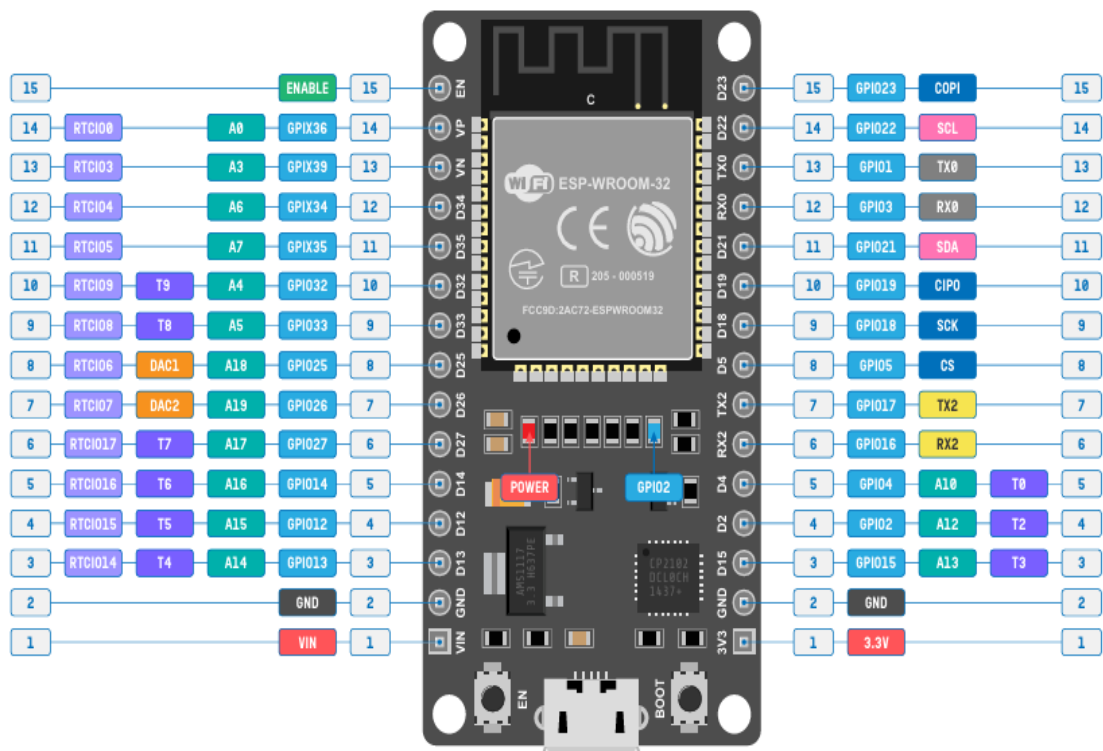


Рис. 2.3.1 Плата розробника ESP-WROOM-32 devkit V1 [14]

Таблиця 2.3.1 Основні технічні характеристики ESP-WROOM-32[12]

Параметр:	Значення:
Процесор	low-power Xtensa 32-bit LX6 (2 ядра)
Тактова частота	80–240 МГц
Оперативна пам'ять (SRAM)	520 КБ
Flash-пам'ять	4 МБ
Кількість GPIO	32 програмовані входи/виходи
АЦП	12-біт, 16 каналів
ЦАП	8-біт, 2 канали
Інтерфейси	SD card, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S, IR, pulse counter, GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC
Напруга живлення	3–3.6 В

Також, ESP-WROOM-32 оснащений вбудованими модулями бездротового зв'язку по протоколам WiFi та Bluetooth(див. Табл.2.3.2).

Технологія:	Характеристики:
WiFi	802.11 b/g/n, 2.4 ГГц, режими Station/SoftAP, WPA/WPA2/WPS
Bluetooth	Версія 4.2, підтримка Classic та BLE, можливість одночасної роботи з WiFi

ESP-WROOM-32 обрано як основний мікроконтролер системи завдяки високій продуктивності, достатньої для обробки сигналів датчиків, керування виконавчим пристроєм (двигуном) та двостороннього зв'язку з керуючою програмою. Останнє, в свою чергу, можливо завдяки вищевказаним модулям WiFi та Bluetooth і дозволяє реалізувати IoT пристрій з перспективою подальшого розширення до системи інтелектуального керування будинком.

Велика ж кількість GPIO та ADC пінів у купі з підтримкою SPI інтерфейсу і ШІМ дають велетенські можливості для доповнення системи додатковими функціями керування і моніторингу.

Також, що не мало важно, присутня наявність обширної технічної документації до контролера від виробника, великої кількості навчальних матеріалів та прикладів пристроїв з відкритим кодом від розробників-ентузіастів та інженерів зі всього світу.

2.3.2 Датчик освітленості BH1750

BH1750 (рис.2.3.2) є модулем з високоточним цифровим датчиком освітленості, що використовує фотодіод для замірів інтенсивності світла. Датчик

перетворює світлову енергію в електричний сигнал, який потім обробляється вбудованим 16-бітним АЦП (див. Табл.2.3.3).

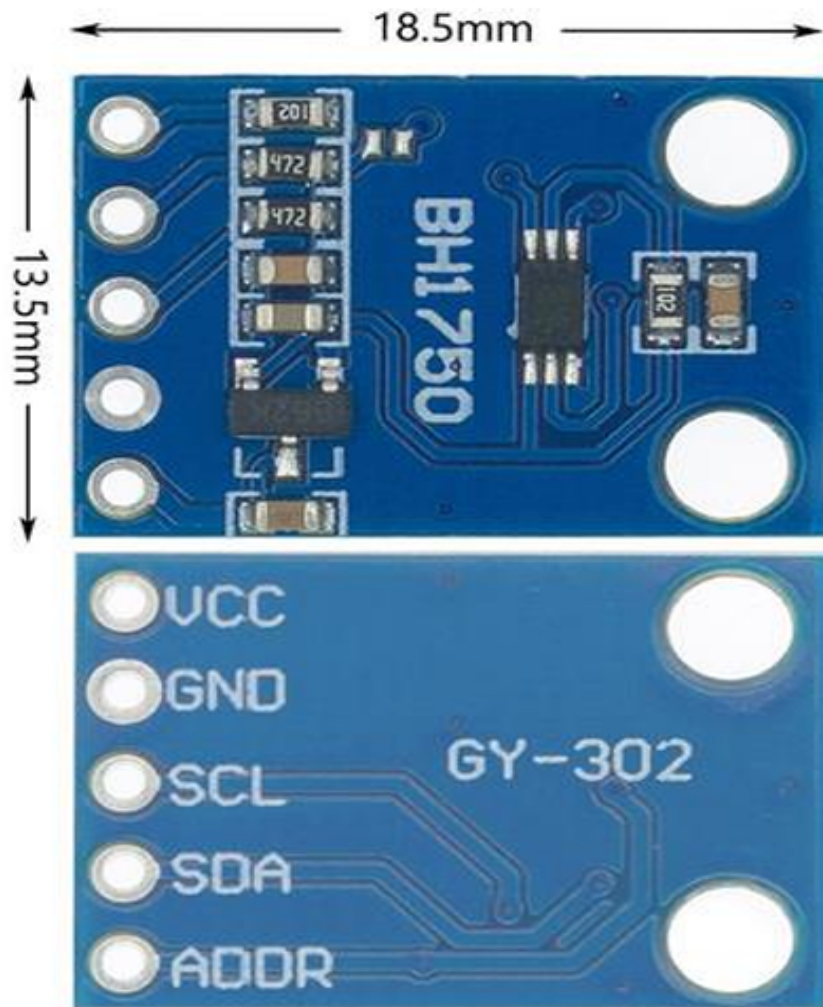


Рис. 2.3.2 Модуль датчика освітленості BH1750[16]

Таблиця 2.3.3 Основні технічні характеристики ESP-WROOM-32[17]

Параметр:	Значення:
Діапазон вимірювань	1-65535 люкс
Інтерфейс	I2C
Живлення	5 В
АЦП	16 біт

На відміну від технологічних рішень, які використовують аналогові фоторезистори (Рис. 2.3.3), BH1750 має ряд переваг, а саме: відсутність необхідності у використанні АЦП контролера знижує навантаження на нього і, як наслідок, споживану потужність, що є важливим фактором для пристрою, який планує працювати від акумулятора; висока точність вимірювання, фоточутливість, порівняна з людським оком, та можливість калібрувати датчик програмно, вводячи коефіцієнт корекції залежно від навколишніх умов і позиціонування датчику у просторі [17]; модуль сумісний з інтерфейсом I2C, що дає змогу встановлювати декілька незалежних датчиків в одну лінію і швидко знімати з них покази без втрати точності, звертаючись до кожного по унікальній адресі.

Щодо точності вимірювання, BH1750 забезпечує її завдяки лінійній залежності вихідного сигналу від освітленості та можливості вибору режиму вимірювання (див. Табл.2.3.4).



Рис. 2.3.3 Фоторезистор GL5516[18; 19]

Таблиця 2.3.3 Режими вимірювання датчика BH1750

Режим	Команда (Hex)	Час вимір.	Точність
Continuously H-Resolution	0x10	~120 мс	1 лк
Continuously H-Res.2	0x11	~120 мс	0.5 лк
Continuously L-Resolution	0x13	~16 мс	4 лк
One Time H-Resolution	0x20	~120 мс	1 лк
One Time H-Res.2	0x21	~120 мс	0.5 лк
One Time L-Resolution	0x23	~16 мс	4 лк

BH1750 обрано для використання в системі з міркувань про високу точність вимірювань, що сприяє у створенні статистики освітлення. Також важливим є наявність підтримки I2C інтерфейсу і можливість програмно керувати датчиком, що підвищує коректність роботи системи автоматичного керування та знижує енергоспоживання у моменти, коли робота датчика не потрібна, що, в свою чергу, подовжує час автономної роботи пристрою при умові споживання енергії від акумулятора.

При всіх перевагах над рішеннями зі звичайним фоторезистором (Рис. 2.3.4), модуль коштує ненабагато більше, що робить його ідеальним варіантом для вибору.



Рис. 2.3.4 Модуль датчика світла на основі фоторезистора GL5528[20]

2.3.3 Драйвер ULN2003

ULN2003 (рис.2.3.5 , 2.3.6) – це інтегральна схема, що містить сім транзисторних ключів Дарлінгтона [25]. Кожен ключ може керувати навантаженням до 500 мА і 50 В. Детальніші параметри можна побачити у таблиці 2.3.4.[21; 22]

Драйвер ULN2003 був обраний, так як він ідеально підходить для роботи з ESP-WROOM-32. Керуючі входи сумісні з 3.3В логікою ESP32, модуль не потребує додаткових периферійних елементів та простий у підключенні і програмуванні.

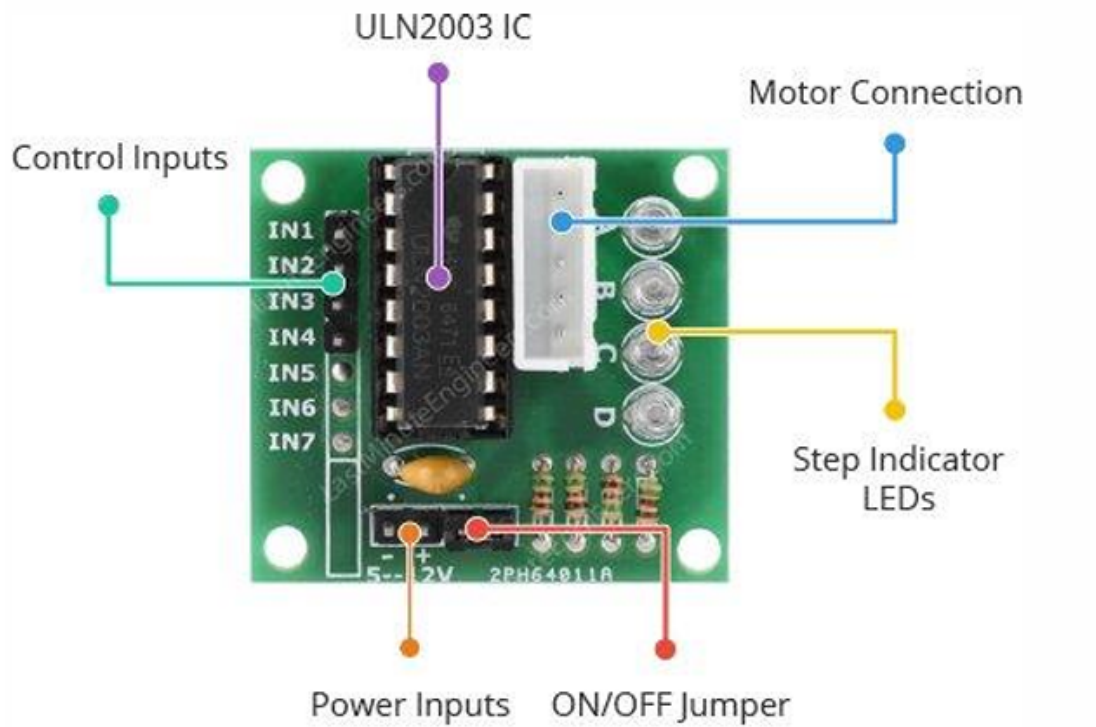


Рис. 2.3.5 Драйвер керування двигуном UNL2003[24]

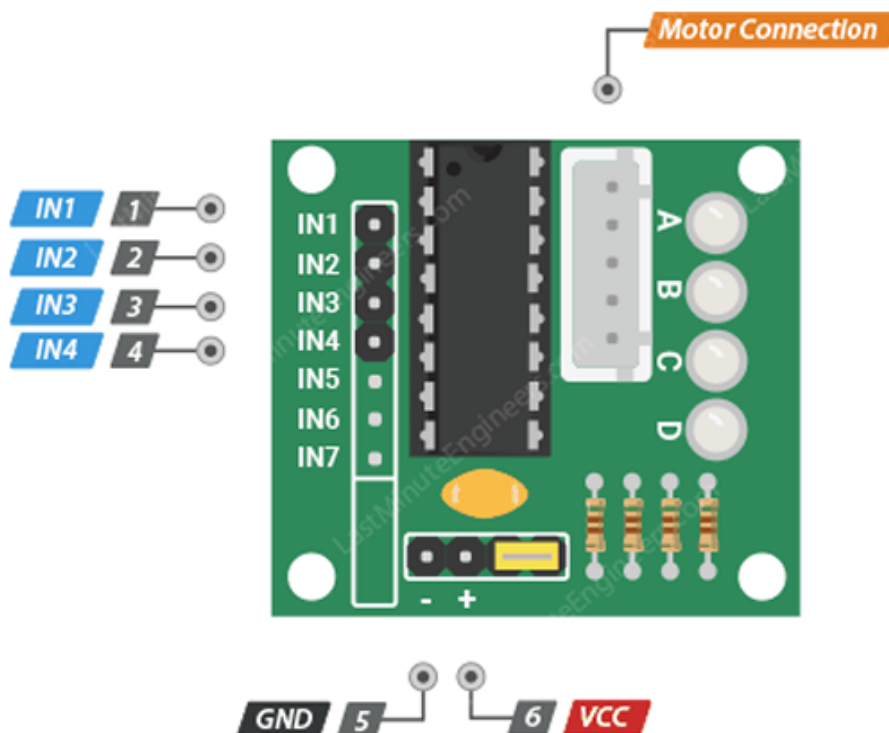


Рис.2.3.6 IN1-IN4 – контакти керування двигуном; GND – загальний контакт заземлення; VDD – контакт живлення двигуна; Motor Connection – роз'єм підключення двигуна. [24]

Таблиця 2.3.4 Характеристики UNL2003[23]

Параметр	Значення
Струм колектора	500 мА на канал
Пікові струми	до 600 мА
Напруга колектор-емітер	до 50 В
Вхідна напруга	5-12 В

2.3.4 Кроковий двигун 28BYJ-48

28BYJ-48 (рис.2.3.7, 2.3.8) є уніполярним кроковим двигуном. Він має 4 обмотки статора та ротор з постійними магнітами, що забезпечує його точне позиціонування. Детальніші характеристики драйвера показані у таблиці 2.3.5.

Таблиця 2.3.5 Характеристики крокового двигуна 28byj-48 [27]

Параметр	Значення
Тип	Уніполярний кроковий двигун
Кількість фаз	4
Кут кроку	5.625°/64 (з редуктором)
Кількість кроків на оберт	2048 (з редуктором)
Редуктор	64:1
Напруга живлення	5 В
Опір обмотки	50 Ом $\pm$ 7%
Частота	100 Гц
Крутний момент	>34.3 мН·м
Шум	<35 дБ

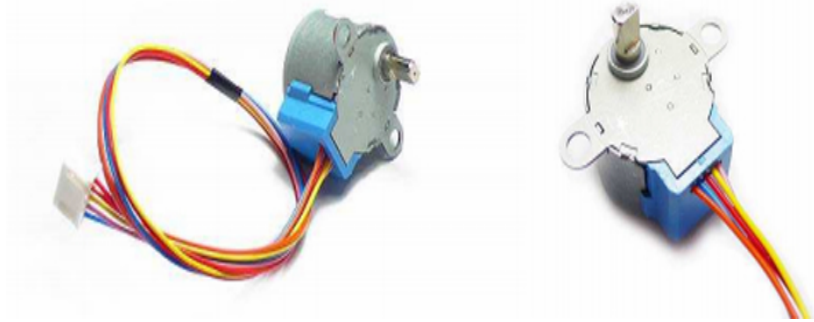


Рис. 2.3.7 Кроковий двигун 28byj-48 5V[26]

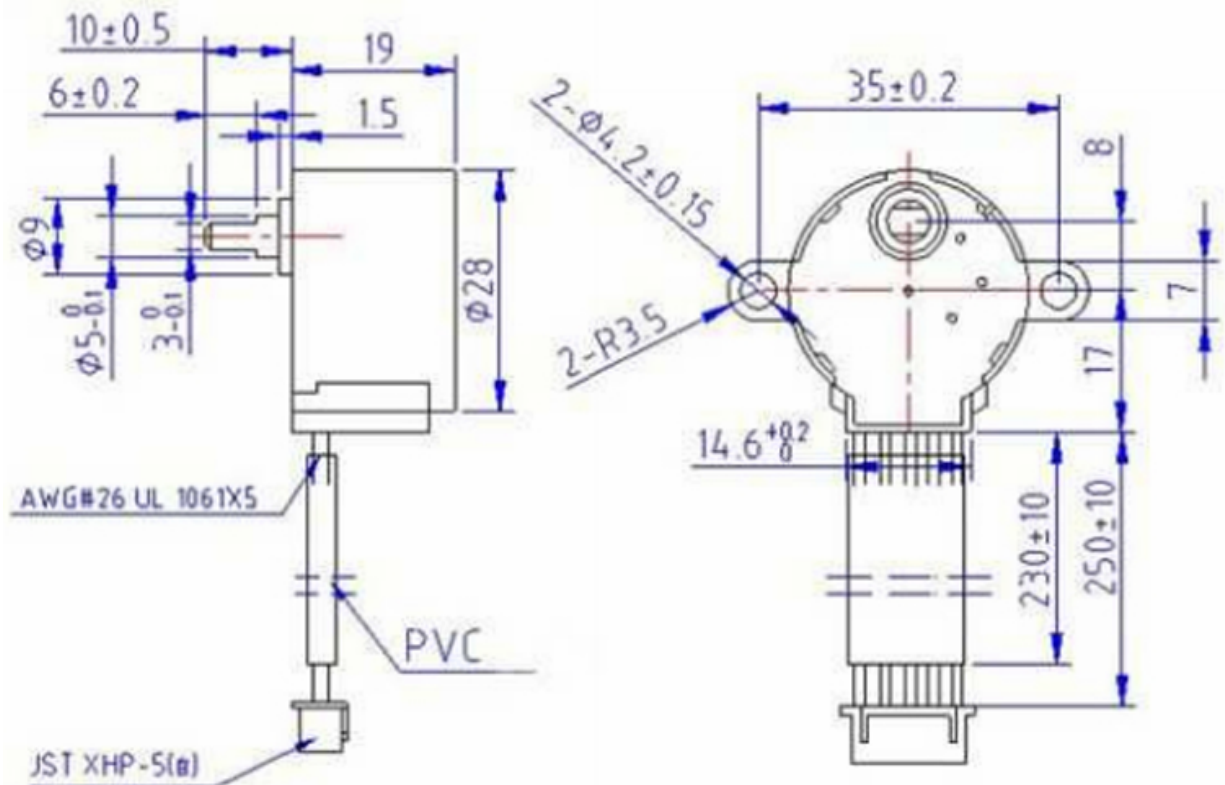


Рис. 2.3.8 Конструктивні характеристики двигуна 28byj-48 5V[26]

28BYJ-48 використовується у системі для точного позиціонування ламелей у просторі. Серед переваг цієї моделі можна зазначити: малий кут кроку, низьке енергоспоживання, що доречно в контексті нашого пристрою, майже безшумна робота, простота у керуванні та високий крутний момент при малих розмірах.

Висновки за 2 розділом

У другому розділі проведено проєктування системи керування електроприводом жалюзі, що дозволяє реалізувати як ручний, так і автоматичний режим роботи. Система побудована на основі сучасних, енергоефективних і функціонально гнучких компонентів, дотримуючись модульної архітектури, що спрощує процес прототипування та подальшого масштабування.

Мікроконтролер ESP-WROOM-32 обрано як центральний керуючий елемент завдяки його високій продуктивності, широкому набору інтерфейсів, вбудованим модулям WiFi та Bluetooth.

Для збору даних про освітленість використовується високоточний цифровий датчик BH1750, що забезпечує низьке енергоспоживання, підтримку I2C та програмне калібрування, що підвищує гнучкість і точність роботи системи.

Керування кроковим двигуном 28BYJ-48 здійснюється за допомогою драйвера ULN2003, який забезпечує надійне узгодження логічних сигналів контролера із силовими навантаженнями двигуна. Сам двигун характеризується точним позиціонуванням, низьким рівнем шуму та помірним енергоспоживанням, що відповідає вимогам проєкту.

Загалом, обрана апаратна платформа та архітектура забезпечують ефективне, безпечне й адаптивне керування жалюзі, що дає змогу використовувати систему в умовах IoT середовища.

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1. Алгоритм функціонування системи керування жалюзі

Системи автоматизованого регулювання жалюзі- це інтелектуальні рішення, здатні самостійно контролювати рівень освітлення у приміщенні. Основу таких систем становлять датчики, електронний контролер та механізми приводу. Вони тісно взаємодіють між собою, формуючи замкнений цикл керування, в якому кожна зміна зовнішнього середовища впливає на подальші дії пристрою.

Принцип роботи ґрунтується на постійному спостереженні за показниками навколишнього середовища та оперативній реакції на них. Пристрій регулярно зчитує значення з сенсорів і, за допомогою заданої логіки, приймає рішення про зміну положення жалюзі. Це дозволяє зберігати оптимальний рівень світла у приміщенні без участі людини.

У більшості випадків користувачу доступні кілька режимів: автоматичний, який діє без стороннього втручання, та ручний, що дозволяє змінювати положення жалюзі через інтерфейс, наприклад, смартфон або настінну панель. Завдяки модульному підходу та гнучким алгоритмам, такі рішення легко адаптуються до конкретних потреб і підвищують комфорт у житлових та робочих просторах.

На основі вищезазначеного обов'язкового функціоналу було розроблено блок-схему алгоритму роботи програми пристрою (Рис. 3.1.1).

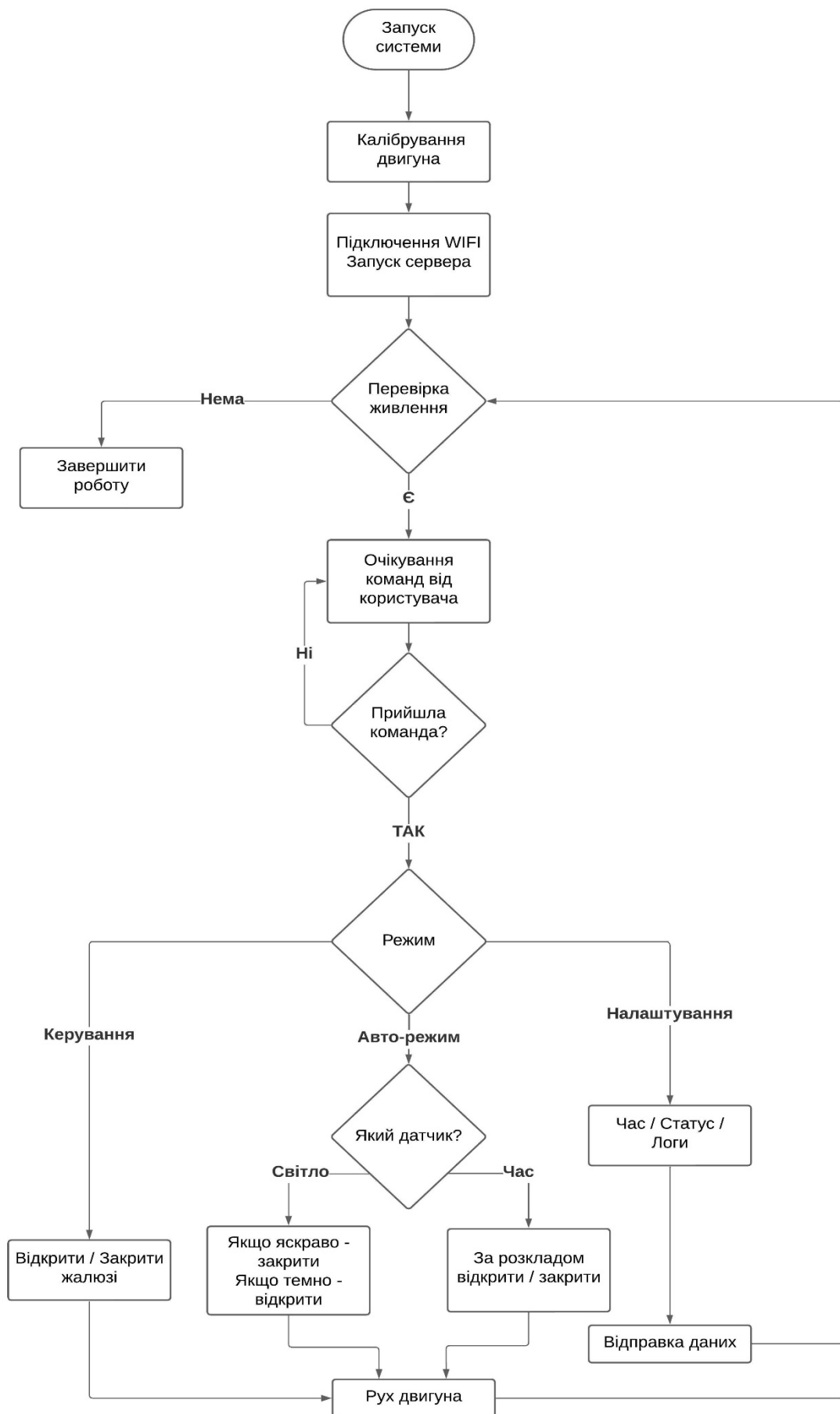


Рис. 3.1.1 Узагальнений алгоритм ПЗ пристрою

На блок-схемі зображено структуру програми, що складається із: ідентифікації апаратних частин (кнопок, датчика, драйвера, двигуна), ініціалізації у просторі, підключення до WiFi-мережі задля уможливлення дистанційного керування, налаштувань параметрів роботи і безкінечного циклу обробки команд користувача.

Під час запуску пристрій намагається ініціалізувати довжину вильоту штахети, рухаючи ламелі в один бік до моменту зіткнення з першою обмежуючою кнопкою, тим самим завдаючи нульову позицію у просторі. Після цього рухає ламелі у протилежний бік, поки не зіткнеться з другою обмежуючою кнопкою. Час, за який жалюзі повністю закрилися, у купі з інформацією про оберти двигуна за хвилину та кількість кроків на один оберт, дають інформацію про загальну кількість кроків необхідно для повного закриття/відкриття жалюзі.

Після ініціалізації довжини вильоту запускається два сервери – station, SoftAP. Користувачу потрібно спершу підключитися до SoftAP-серверу та ввести дані про свою WiFi-мережу. Контролер підключається до WiFi у режимі station-серверу та запам'ятовує дані на майбутнє. Далі користувач може підключатися до своєї стандартної WiFi-мережі і здійснювати керування через неї.

Після підключення керуючої програми автоматизована система передбачає декілька режимів роботи, а саме: ручне управління (повне відкриття/повне закриття та відкриття/закриття на довжину, бажану користувачем); автоматизоване управління по показникам освітленості (закриття/відкриття, яке налаштовується користувачем через керуючу програму за допомогою введення верхнього та нижнього лімітів освітлення); автоматизоване управління за часом (закриття/відкриття, яке налаштовується користувачем через керуючу програму за допомогою введення часових лімітів).

Також користувач здатний увімкнути функцію логування поточних параметрів пристрою, таких як: час, завантаження RAM, рух двигуна, ступінь освітленості.

3.2. Розробка схеми системи керування

Після створення алгоритму роботи ПЗ іде етап розробки схеми системи керування. В схемі будуть використовуватися наступні компоненти: ESP-WROOM-32 devkit V1 (керуючий контролер), BH1750 (I2C датчик освітленості), ULN2003 (драйвер управління та живлення крокового двигуна), 28byj-48 (кроковий двигун).

Перш за все розглянемо плату керування WROOM-32 devkit V1 (рис.2.3.1), а точніше піни цієї плати, що будуть використані для підключення периферії (табл. 3.2.1). Всього буде використано 10 пінів плати, а саме: 6 GPIO, SCL, SDA, GND та VIN.

Таблиця 3.2.1 Підключення пристроїв

Пристрій	Піни
UNL2003 IN1	GPIO19
UNL2003 IN2	GPIO18
UNL2003 IN3	GPIO5
UNL2003 IN4	GPIO17
UNL2003	GND
BH1750	SCL, SDA, GND
SA1	GPIO25, GND
SA2	GPIO26, GND
28byj-48 5V	UNL2003 Output

Драйвер керування двигуном UNL2003 підключається до GPIO19, GPIO18, GPIO5, GPIO17. Ці піни будуть працювати тільки в режимі Output для послідовного посилення аналогових сигналів на керуючі входи драйвера. Напруга на пінах, при цьому, буде змінюватися від 0 В до 3.3 В. Живитися драйвер буде від зовнішнього джерела постійної напруги 5 В та загальної GND шини контролера.

Кроковий двигун 28byj-48 5V підключається до відповідних виходів драйвера UNL2003 через спеціальний штекер.

Датчик освітлення BH1750 підключається до SCL та SDA шин. Це забезпечить безперервний доступ до обміну інформацією з сенсором, дозволить знімати покази та калібрувати, звертаючись по унікальній адресі. Датчик буде використовувати загальну GND шину контролера та зовнішнє джерело напруги 5 В.

Обмежувальні кнопки будуть підключені до GPIO25, GPIO26 та GND пінам. На GPIO контакти буде програмно підтягуватись максимальний рівень напруги 3.3 В. При натисненні на кнопку, вона буде замикати відповідний GPIO на загальний GND, що розцінюється контролером, як зміна логічної 1 на логічний 0.

Сам контролер буде заживлюватися від джерела постійної напруги 5 В, підключеного до пінів VIN і GND. Плата розробника ESP-WROOM-32 devkit V1 оснащена стабілізатором напруги, який знижує напругу до 3.3 В, необхідних для роботи мікроконтролера.

Загальний вигляд зібраної системи, готової до програмування, можна побачити на рис. 3.2.1.

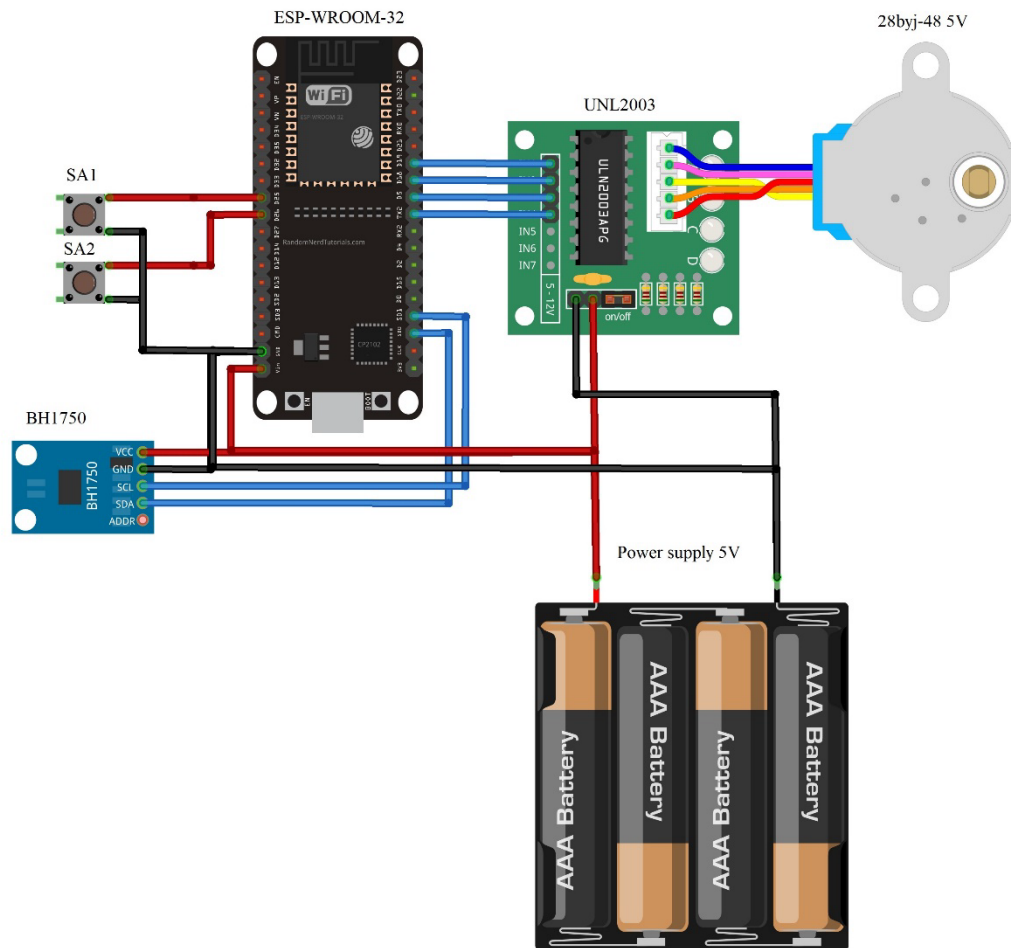


Рис. 3.2.1 Загальний вигляд готового пристрою

3.3. Розробка програмного забезпечення для системи керування

В цьому пункті буде представлено найважливіші його частини, відповідальні за автоматизацію процесу керування двигуном, а саме: функція початку програми, `setup` (рис. 3.3.1); функція ініціалізації вильоту жалюзі, `steps_ini` (рис. 3.3.2); функція роботи `softAP` серверу, `start_AP_server` (рис. 3.3.3); функція роботи `station` серверу, `start_server` (рис. 3.3.4); функція розподілення команд від користувача по відповідним оброблювачам, `distributor` (рис. 3.3.5); функція відкриття/закриття по ступеню освітленості, `light_meter_on` (рис. 3.3.6); функція відкриття/закриття по часу, `time_open_on` (рис. 3.3.7).

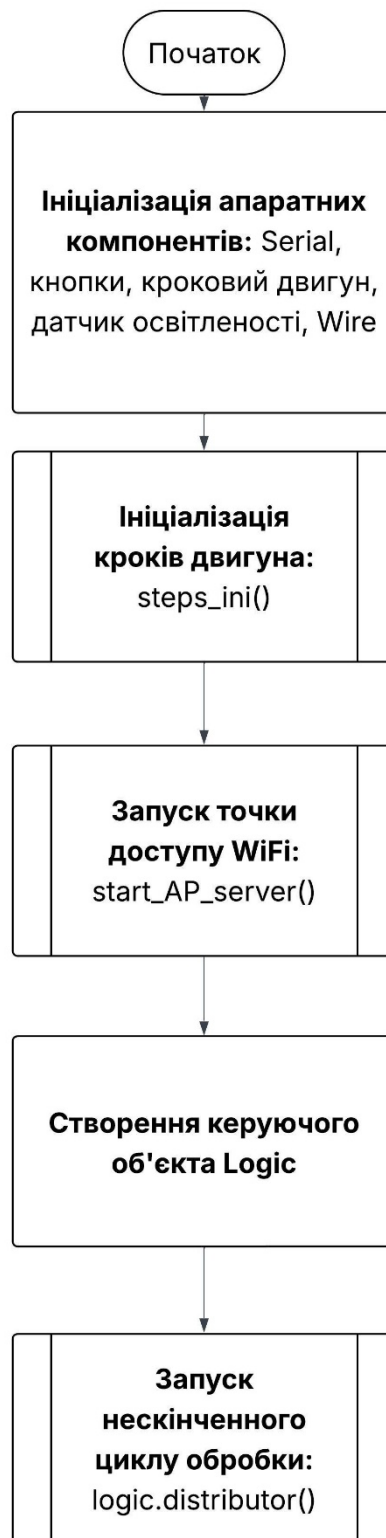


Рис. 3.3.1 Блок схема алгоритму функції `setup`

Програмний код функції `setup` (рис. 3.3.1):

```
void setup()

{ //setting of hardware

  Serial.begin(115200);
```

```
button_1.attach(25, INPUT_PULLUP);

button_2.attach(26, INPUT_PULLUP);

button_1.interval(5);

button_2.interval(5);

stepper.setRpm(speed);

stepper.newMove(1, 999999999);

moving_forward = true;

Wire.begin();

light_meter.begin();

//initialization of total steps amount and start position

steps_ini();

Serial.println("- stepper initialised!");

//starting of servers

start_AP_server();

//creating of logic object and starting an infinite work loop

Logic logic;

logic.current_position = 0;

logic.distributor();}
```

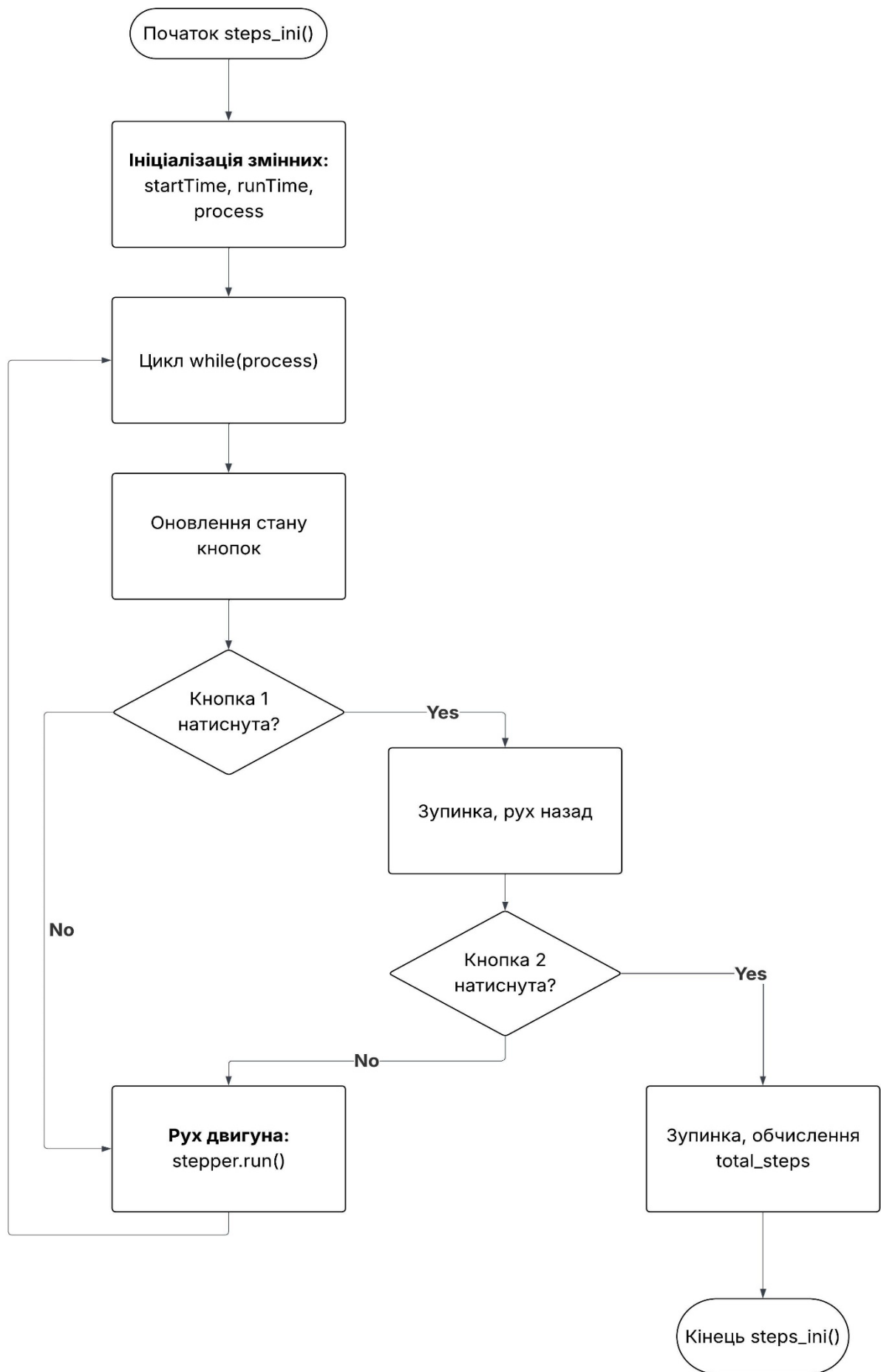


Рис. 3.3.2 Блок схема алгоритму функції steps_ini

Програмний код функції steps_ini (рис. 3.3.2):

```
bool steps_ini(){  
    unsigned long startTime = 0;  
  
    float runTime = 0;  
  
    bool process = true;  
  
    while(process){  
        button_1.update();  
  
        button_2.update();  
  
        if (button_1.fell() && moving_forward) {  
            stepper.stop();  
  
            stepper.newMove(0, 999999999);  
  
            startTime = millis();  
  
            moving_forward = false;}  
  
        if (button_2.fell() && !moving_forward) {  
            stepper.stop();  
  
            runTime = (millis() - startTime)/60000.0;  
  
            Serial.println(runTime);  
  
            Serial.println((speed/2)*runTime);  
  
            total_steps = (speed/2)*runTime*4096;  
  
            Serial.println(total_steps);  
  
            digitalWrite(19, LOW);  
  
            digitalWrite(18, LOW);  
  
            digitalWrite(5, LOW);
```

```

digitalWrite(17, LOW);

process = false;}

stepper.run();}

return(true);}

```

Програмний код функції start_AP_server (рис. 3.3.3):

```

void start_AP_server(){

    //start wifi spot

    WiFi.softAP("Blinds_settings", "1234567890");

    //check if started

    while (WiFi.softAPIP() == IPAddress(0, 0, 0, 0)) {

        delay(500);

        Serial.print(".");}

    //return ip address

    IPAddress myIP = WiFi.softAPIP();

    Serial.print("Server started, IP Address: ");

    Serial.println(myIP);

    //start AP server

    AP_server.onClient(&on_AP_client_connect, NULL);

    AP_server.begin();}

void on_AP_client_connect(void* arg, AsyncClient* client){

    //limits connections to single one

    if(active_AP_client != nullptr) {

        client->close();
    }
}

```

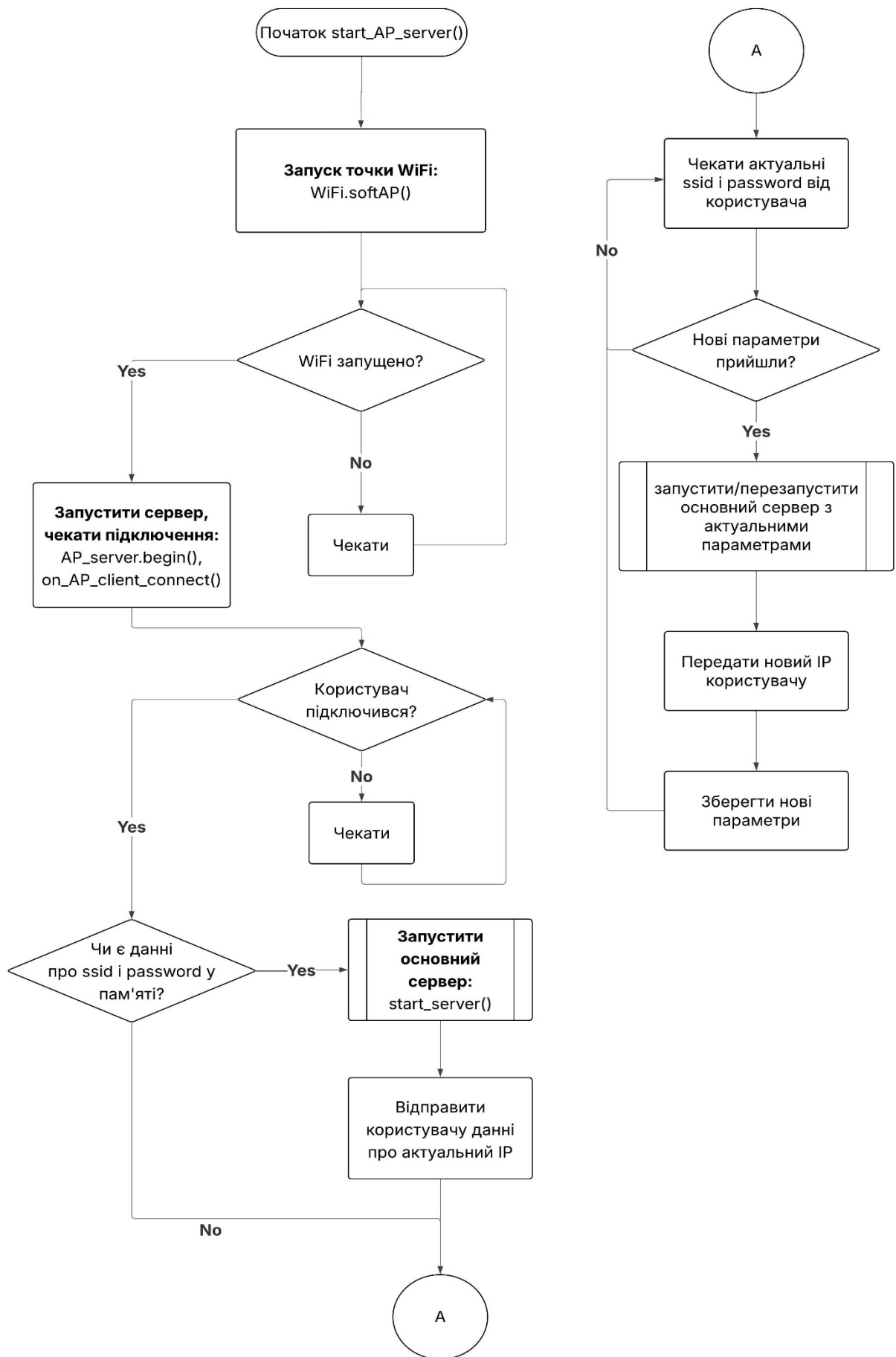



Рис. 3.3.3 Блок схема алгоритму функції start_AP_server

```

    return;}

//check if wifi credentials exists in memory
if(credentialsExist()){

    WiFi_credentials creds;

    EEPROM.get(0, creds);

    std::string IP (start_server(creds.ssid, creds.password));

    Serial.print("cred ip:");

    Serial.println(IP.c_str());

    if (IP != "Error")

        client->write(("IP|" + IP + "\n").c_str());}

Serial.println("- client connected");

active_AP_client = client;

//triggers when data is available to read
client->onData([](void* arg, AsyncClient* client, void *data, size_t len){

    //add data to work buffer

    char* received_data = (char*)data;

    rec_AP_buff.append(received_data, len);

    //splits data to messages by separator

    size_t pos;

    while((pos= rec_AP_buff.find('\n')) != std::string::npos){

        //send message to handler

        std::string temp = rec_AP_buff.substr(0, pos);

        Serial.print("temp:");

```

```

        Serial.println(temp.c_str());

        AP_handler(temp);

        //removes the processed message from the work buffer
        rec_AP_buff.erase(0, pos + 1);

        Serial.print("* ");

        Serial.println(buff);}

    }, NULL);

    //triggers when client disconnects

    client->onDisconnect([](void* arg, AsyncClient* client){

        Serial.println("- client disconnected");

        active_AP_client = nullptr;

    }, NULL);}

void AP_handler(std::string message){

    //check if command is right

    if (message.rfind("new_wifi", 0) == 0){

        message.erase(0, 9);

        //close server

        server.end();

        rec_buff.clear();

        size_t pos = message.find("|");

        //restart server and save wifi creds

        if(pos != std::string::npos){

            std::string spassword = message.substr(pos + 1);

```

```

std::string ssid = message.substr(0, pos);

password = spassword.c_str();

ssid = ssid.c_str();

Serial.print(("AP_handler sp: " + ssid + "|" + spassword).c_str());

Serial.println();

std::string IP (start_server(ssid, password));

Serial.print("new: ");

Serial.println(IP.c_str());

if (IP != "Error")

    active_AP_client->write(("IP|" + IP + "\n").c_str());

    saveWiFiCredentials(ssid, password);}}}

```

Програмний код функції start_server (рис. 3.3.4):

```

//setting of parameters

AsyncServer server(1234);

AsyncClient* active_client {nullptr};

std::string rec_buff;

std::string start_server(const char* ssid, const char* password){

    auto sssid = static_cast<std::string> (ssid);

    auto spassword = static_cast<std::string> (password);

    Serial.print(("new sp: " + sssid + spassword).c_str());

    Serial.println();

```



Рис. 3.3.4 Блок схема алгоритму функції start_server

```

//connect to wifi

WiFi.begin(ssid, password);

//check if connected

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED){

    delay(500);

    Serial.print(".");}

if(WiFi.status() != WL_CONNECTED)

return "Error";

Serial.print("- Connected, IP: ");

Serial.println(WiFi.localIP().toString());

//starting the async server

server.onClient(&on_client_connect, NULL);

server.begin();

return std::string(WiFi.localIP().toString().c_str());}

//triggers when client connected

void on_client_connect(void *arg, AsyncClient *client){

    //limits connections to single one

    if(active_client != nullptr){

        client->close();

        return;}

    Serial.println("- client connected");

    active_client = client;

    //send total steps to client

```

```

client->write(("total|" + std::to_string(total_steps) + "\n").c_str());

//triggers when data is available to read

client->onData([](void* arg, AsyncClient* client, void *data, size_t len){

    //add data to work buffer

    char* received_data = (char*)data;

    rec_buff.append(received_data, len);

    //splits data to messages by separator

    size_t pos;

    while((pos= rec_buff.find('\n')) != std::string::npos){

        //copy message to main buffer

        memset(buff, 0, sizeof(buff));

        std::string temp = rec_buff.substr(0, pos);

        strncpy(buff, temp.c_str(), sizeof(buff) - 1);

        //removes the processed message from the work buffer

        rec_buff.erase(0, pos + 1);

        //adds message to the queue

        xQueueSend(command_queue, &buff, 0);

    }, NULL);

//triggers when client disconnects

client->onDisconnect([](void* arg, AsyncClient* client){

    Serial.println("- client disconnected");

    active_client = nullptr;

}, NULL);}

```

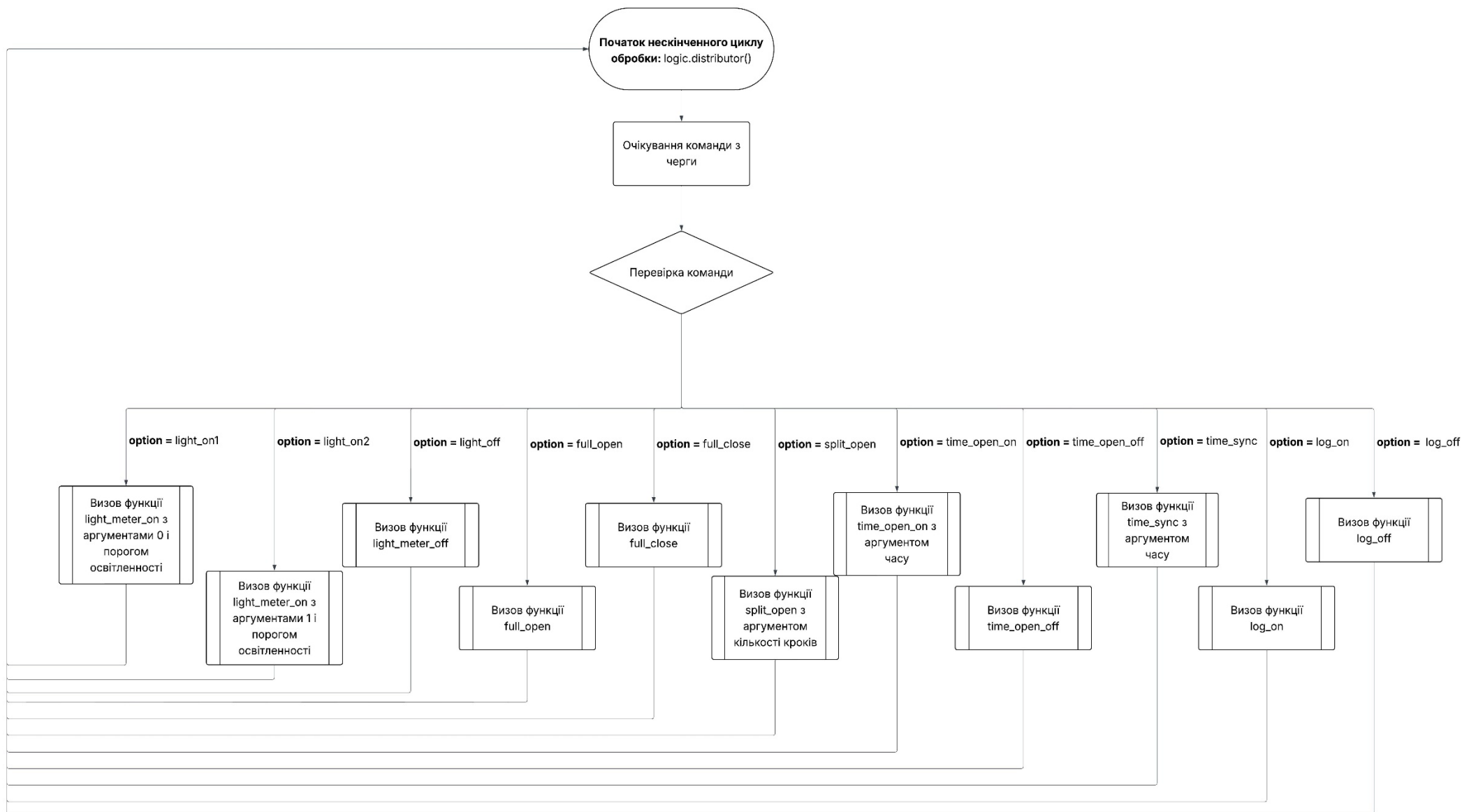


Рис. 3.3.5 Блок схема алгоритму функції distributor

Програмний код функції distributor (рис. 3.3.5):

```
void Logic::distributor(){
    // Infinite loop to continuously process incoming commands
    while(true){
        // Wait for a command from the queue (blocking)
        if(xQueueReceive(command_queue, &buff, portMAX_DELAY) ==
pdTRUE){
            // Convert received buffer to std::string
            message = static_cast<std::string>(buff);
            // Handle "light_on1" command
            if (message.rfind("light_on1", 0) == 0){
                message.erase(0, 10);
                this->light_meter_on(0,message);}
            // Handle "light_on2" command
            else if(message.rfind("light_on2", 0) == 0){
                message.erase(0, 10);
                this->light_meter_on(1,message); }
            // Handle "light_off" command
            else if(message.rfind("light_off", 0) == 0){
                this->light_meter_off();}
            // Handle "full_open" command (create an async task for full open)
            else if(message.rfind("full_open", 0) == 0){
                xTaskCreate([](void* param){
                    Logic* ptr = static_cast<Logic*>(param);
                    ptr->full_open(1);
                }, "full_open", 4096, this, 1, &fo_task);}
            // Handle "full_close" command (create an async task for full close)
            else if(message.rfind("full_close", 0) == 0){
                xTaskCreate([](void* param){
                    Logic* ptr = static_cast<Logic*>(param);
                    ptr->full_close(1);
```

```

    }, "full_close", 4096, this, 1, &fc_task);}
// Handle "split_open" command (create an async task for split open)
else if(message.rfind("split_open|", 0) == 0){
    message.erase(0, 11);
    std::pair<Logic*, std::string*> param (this, &message);
    xTaskCreate([](void* param){
        std::pair<Logic*, std::string*>* p = static_cast<std::pair<Logic*,
std::string*>*>(param);
        p->first->split_open(*p->second);
    }, "split_open", 4096, &param, 1, &so_task);}
// Handle "time_open_on" command
else if(message.rfind("time_open_on|", 0) == 0){
    message.erase(0, 13);
    this->time_open_on(message);}
// Handle "time_open_off" command
else if(message.rfind("time_open_off", 0) == 0){
    this->time_open_off();}
// Handle "time_sync" command
else if(message.rfind("time_sync|", 0) == 0){
    message.erase(0, 10);
    this->time_sync(message);}
// Handle "log_on" command
else if(message.rfind("log_on", 0) == 0){
    this->log_on();}
// Handle "log_off" command
else if(message.rfind("log_off", 0) == 0){
    this->log_off();}
else{
    Serial.print("- Unknown command: ");
    Serial.println(message.c_str());}}
return;}

```

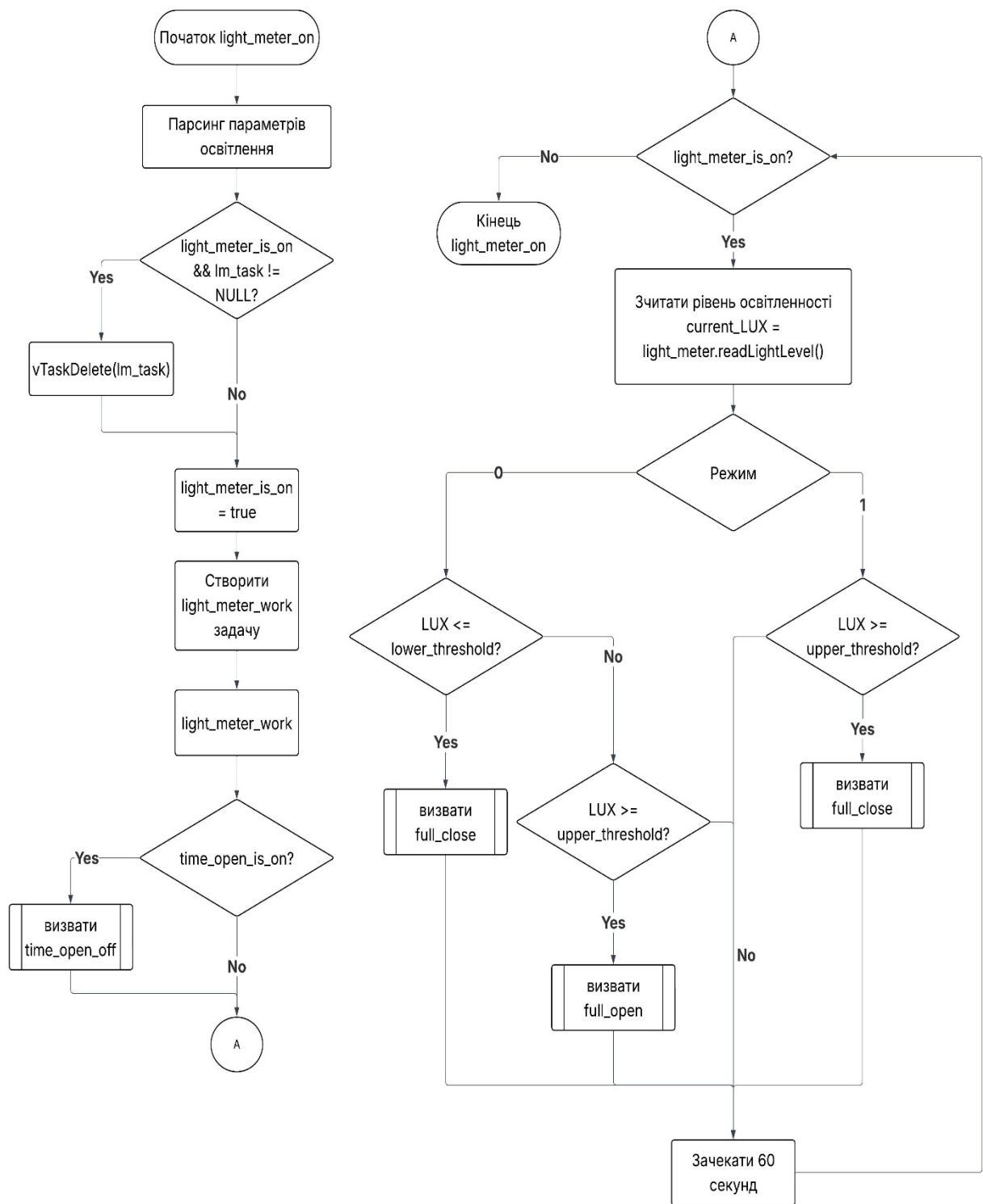


Рис. 3.3.6 Блок схема алгоритму функції light_meter_on

Програмний код функції light_meter_on (рис. 3.3.6):

// Main logic for light-based automation. Runs as a FreeRTOS task.

```
void Logic::light_meter_work(bool mode){
```

```
    // If timer-based automation is active, turn it off
```

```
    if(time_open_is_on)
```

```

    this->time_open_off();
switch(mode){
    // Open blinds if too bright, close if too dark (dual threshold)
    case 0: {
        while(light_meter_is_on){
            current_LUX = light_meter.readLightLevel();
            Serial.print("- Lux: ");
            Serial.println(current_LUX);
            // If light is below lower threshold, close blinds
            if(current_LUX <= light_params.second && !engine_is_running &&
current_position>0){
                xTaskCreate([](void* param){
                    Logic* ptr = static_cast<Logic*>(param);
                    ptr->full_close(0);
                }, "full_close", 4096, this, 1, &fc_task);}
            // If light is above upper threshold, open blinds
            else if(current_LUX >= light_params.first && !engine_is_running &&
current_position==0){
                xTaskCreate([](void* param){
                    Logic* ptr = static_cast<Logic*>(param);
                    ptr->full_open(0);
                }, "full_open", 4096, this, 1, &fo_task);}
                vTaskDelay(60000/portTICK_PERIOD_MS); // Check every 60
seconds}

            lm_task = NULL;
            vTaskDelete(NULL);}
    case 1: // Close blinds if too bright (single threshold){
        while(light_meter_is_on){
            current_LUX = light_meter.readLightLevel();
            Serial.print("- Lux: ");
            Serial.println(current_LUX);

```

```

        // If light is above threshold, close blinds
        if(current_LUX >= light_params.first){
            xTaskCreate([](void* param){
                Logic* ptr = static_cast<Logic*>(param);
                ptr->full_close(0);
            }, "full_close", 4096, this, 1, &fc_task);}
            vTaskDelay(60000/portTICK_PERIOD_MS);}
        lm_task = NULL;
        vTaskDelete(NULL); }}}}

// Starts the light meter automation with given mode and thresholds
void Logic::light_meter_on(bool mode, std::string &options){
    switch(mode){
        // Dual threshold mode (open and close)
        case 0: {
            // Parse thresholds from options string
            size_t pos = options.find("|");
            if(pos != std::string::npos){
                light_params.first = std::stof(options.substr(0, pos)); // Upper threshold
                light_params.second = std::stof(options.substr(pos+1)); // Lower
threshold}

            // If already running, stop previous task
            if(light_meter_is_on && lm_task != NULL){
                vTaskDelete(lm_task);
                lm_task = NULL;
                Serial.println("~ lm_task is terminated in light_meter_on func");
                light_meter_is_on = false;}

            // Start new light meter task
            if(!light_meter_is_on){
                light_meter_is_on = true;
                xTaskCreate([](void* param){
                    Logic* ptr = static_cast<Logic*>(param);

```

```

        ptr->light_meter_work(0);
    }, "light_meter", 4096, this, 1, &lm_task);}
    return; }

// Single threshold mode (only close)
case 1:{
    light_params.first = std::stof(options); // Only one threshold
    if(light_meter_is_on && lm_task != NULL){
        vTaskDelete(lm_task);
        lm_task = NULL;
        Serial.println("~ lm_task is terminated in light_meter_on func");
        light_meter_is_on = false;}
    if(!light_meter_is_on){
        light_meter_is_on = true;
        xTaskCreate([](void* param){
            Logic* ptr = static_cast<Logic*>(param);
            ptr->light_meter_work(1);
        }, "light_meter", 4096, this, 1, &lm_task);}
    return;}} }

// Stops the light meter automation
void Logic::light_meter_off(){
    light_meter_is_on = false;}

```

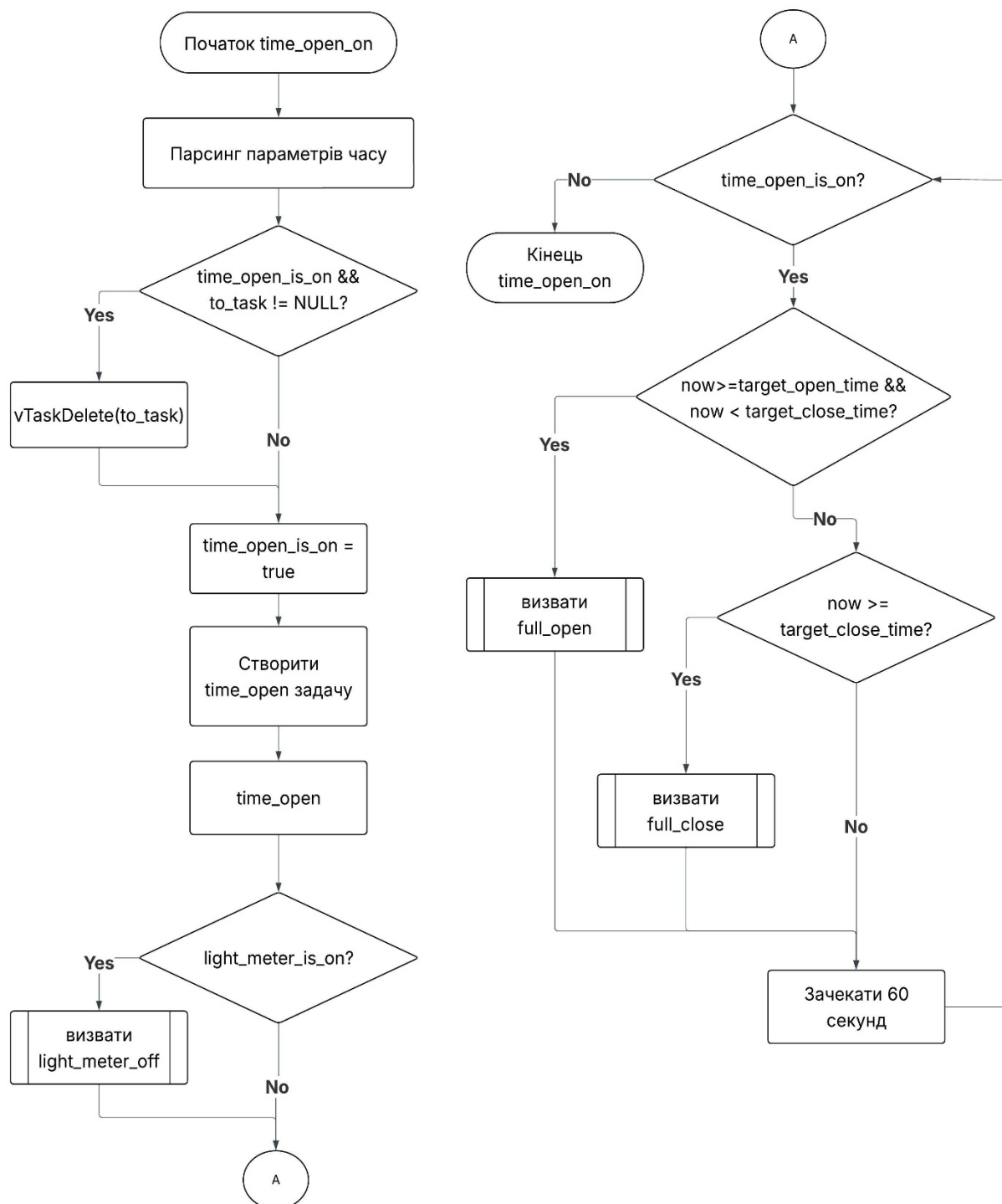


Рис. 3.3.7 Блок схема алгоритму функції time_open_on

Програмний код функції time_open_on (рис. 3.3.7):

```

// Periodically checks system time and open/close blinds at schedule
void Logic::time_open(){
    // Disable light-based automation if active
    if(light_meter_is_on)
        this->light_meter_off();
    timeval now;

```

```

while(time_open_is_on){
    gettimeofday(&now, NULL);
    // Debug output: show target and current times
    Serial.print("Target open time is: ");
    Serial.println(std::to_string(target_open_time).c_str());
    Serial.print("Target close time is: ");
    Serial.println(std::to_string(target_close_time).c_str());
    Serial.print("Time is: ");
    Serial.println(std::to_string(now.tv_sec).c_str());
    // If current time is within open interval, open blinds
    if(now.tv_sec >= target_open_time && now.tv_sec < target_close_time &&
!engine_is_running ){
        xTaskCreate([](void* param){
            Logic* ptr = static_cast<Logic*>(param);
            ptr->full_open(0);
        }, "full_open", 4096, this, 1, &fo_task);}
    // If current time is past close time, close blinds
    if(now.tv_sec >= target_close_time && !engine_is_running){
        xTaskCreate([](void* param){
            Logic* ptr = static_cast<Logic*>(param);
            ptr->full_close(0);
        }, "full_close", 4096, this, 1, &fc_task);}
        vTaskDelay(10000/portTICK_PERIOD_MS); // Check every 10 seconds}
to_task = NULL;
vTaskDelete(NULL); }

// Starts scheduled time-based automation
void Logic::time_open_on(std::string &options){
    size_t pos = options.find("|");
    // Parse open and close times from options string
    if(pos != std::string::npos){
        target_open_time = stoi(options.substr(0, pos));

```



```

        target_close_time = stoi(options.substr(pos+1));}
// If already running, stop previous task
if(time_open_is_on && to_task != NULL){
    vTaskDelete(to_task);
    to_task = NULL;
    Serial.println("~ to_task is terminated in time_open_on func");
    time_open_is_on = false;}
// Start new time automation task
if(!time_open_is_on){
    time_open_is_on = true;
    xTaskCreate([](void* param){
        Logic* ptr = static_cast<Logic*>(param);
        ptr->time_open();
    }, "time_open", 4096, this, 2, &to_task);} }
// Stops scheduled time-based automation
void Logic::time_open_off(){
    time_open_is_on = false;}
// Sets the system time from a string in "HH:MM:SS" format
void Logic::time_sync(std::string &time){
    int h, m, s;
    if(sscanf(time.c_str(), "%d:%d:%d", &h, &m, &s) == 3){
        timeval tv;
        tv.tv_sec = h * 3600 + m * 60 + s; tv.tv_usec = 0;
        settimeofday(&tv, NULL);
        Serial.print("Time synchronysed :");
        Serial.println(std::to_string(tv.tv_sec).c_str());} }

```

3.4. Алгоритм функціонування інтерфейсу дистанційного керування системою

Задля керування/налаштування автоматизованої системи була розроблена керуюча програма, блок-схему алгоритму якої можна побачити на рис. 3.4.1.

Керуюча програма представляє вікно з кнопками налаштувань. Користувач здатний обрати функцію яка його цікавить у моменті. Представлені наступні режими: ручне управління (повне відкриття/повне закриття та відкриття/закриття на довжину, бажану користувачем); автоматизоване управління по показникам освітленості (закриття/відкриття, яке налаштовується користувачем через керуючу програму за допомогою введення верхнього та нижнього лімітів освітлення); автоматизоване управління за часом (закриття/відкриття, яке налаштовується користувачем через керуючу програму за допомогою введення часових лімітів); асинхронне логування (час, завантаження RAM, рух двигуна, ступінь освітленості); налаштування даних WiFi-мережі.

Запустившись, програма намагається асинхронно підключитися до SoftAP та station серверів за двома незалежними сокетамі по протоколу TCP/IP. У разі неможливості підключення до station-серверу програма під'єднується до SoftAP-серверу та користувач вводить дані про свою WiFi-мережу, чим запускає station-сервер, уможливлуючи початок керування контролером.

Після підключення до автоматизованої системи відразу здійснюється синхронізація часу з керованим пристроєм, система ж відправляє дані про довжину вильоту керуючій програмі. З цього моменту користувач має можливість вибрати вищеназвані режими та налаштувати пристрій за своїми потребами.

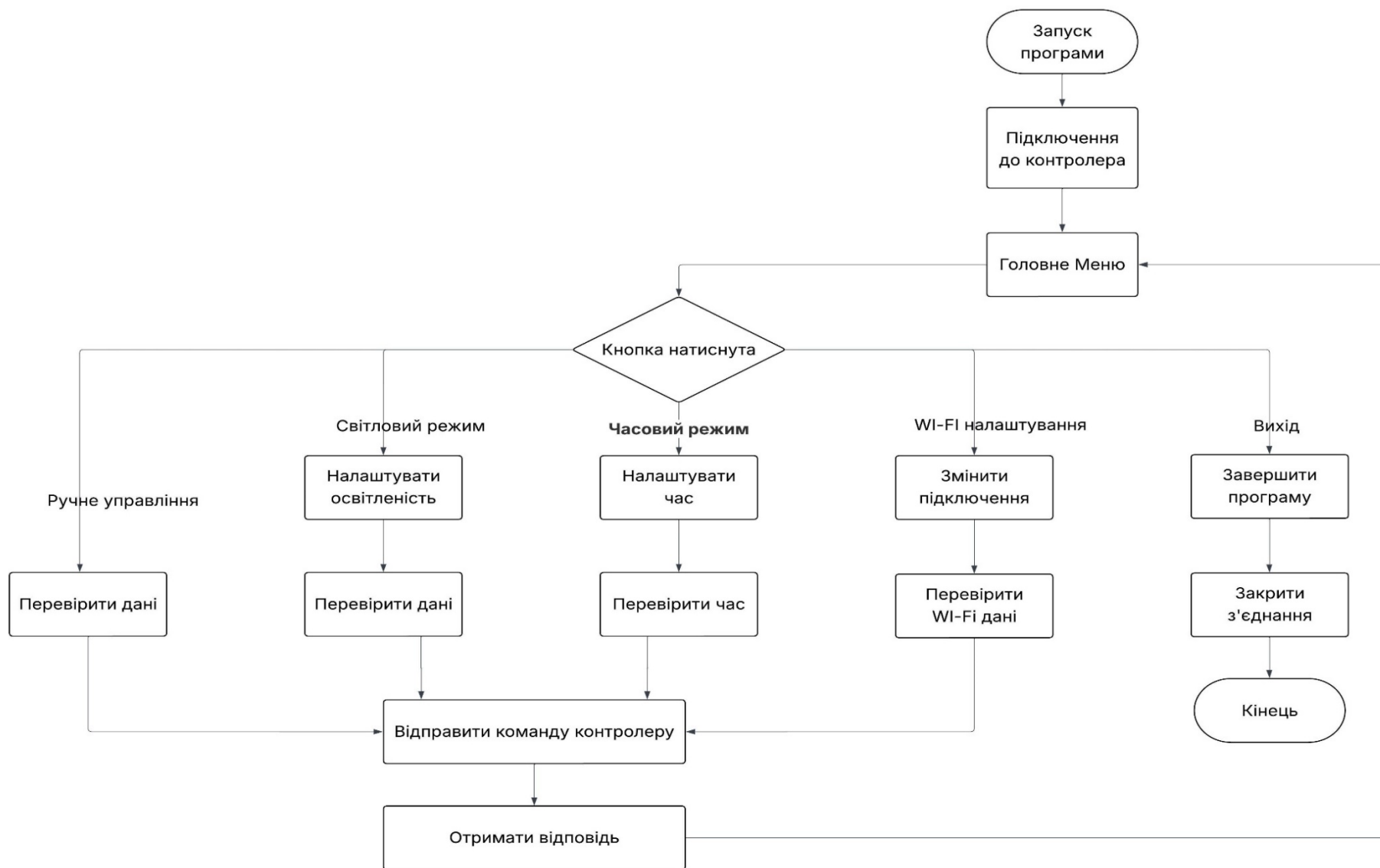


Рис. 3.4.1 узагальнена блок-схема алгоритму роботи керуючої програми

3.5 Аналіз графіків роботи автоматизованої системи

Логування параметрів роботи системи керування жалюзі в режимі відкриття/закриття по часу здійснювалось у проміжку часу з 18:07:42 до 19:09:43. Пристрій було налаштовано на відкриття в 18:30 та закриття в 19:00. У процесі були зафіксовані зміни трьох основних параметрів: стану двигуна (відкриття/закриття), ступеню освітленості та завантаженості оперативної пам'яті.

На графіку про стан двигуна (рис.3.5.1) видно два основних імпульси, що відповідають моментам повного відкриття та закриття жалюзі. Позитивний імпульс (18:30:12 - 18:31:12) свідчить про процес відкриття, тоді як негативний (19:00:13 - 19:01:13) – про закриття. Тривалість імпульсів відповідає часу, необхідному для повного закриття/відкриття, згідно з ініціалізованими на початку роботи кроками двигуна.

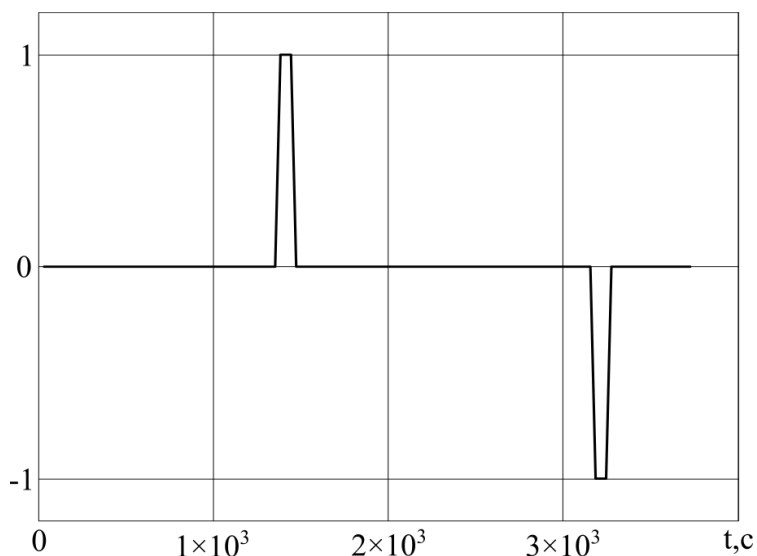


Рис. 3.5.1 Графік стану двигуна відносно часу (рижим по часу)

На графіку про освітленість (рис.3.5.2), протягом усього періоду спостерігається поступове зниження рівня освітленості з 4398 лк до 3146 лк, що відповідає зменшенню природного освітлення впродовж вечірнього часу.

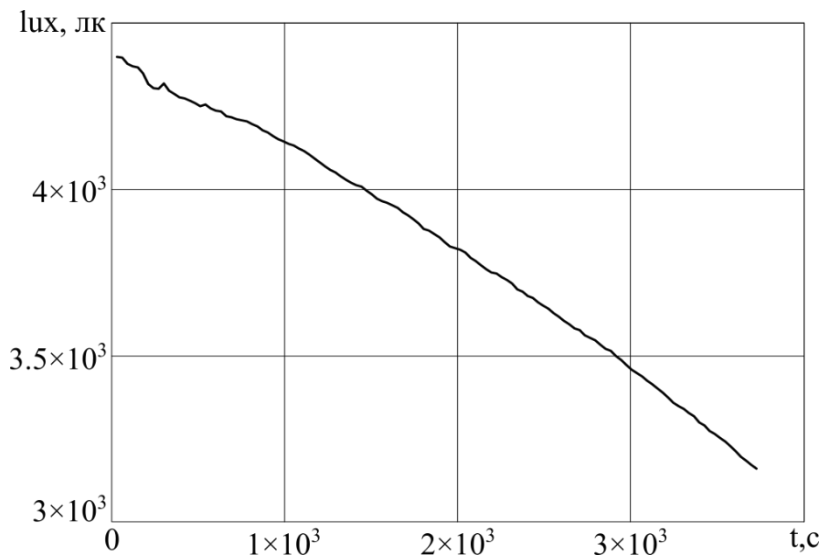


Рис. 3.5.2 Графік освітленості відносно часу (рижим по часу)

На графіку про завантаженість RAM (рис.3.5.3) середнє значення завантаженості оперативної пам'яті знаходилось на рівні $\sim 42.8\%$. Початкове збільшення з $\sim 41\%$ до $\sim 42.7\%$ характеризується включенням автоматичного режиму. Фіксуються короточасні піки завантаженості до $\sim 43.8\%$, що пояснюються внесенням змін у параметри режиму під час його роботи, та $\sim 44.3\%$, що збігаються з моментами відкриття/закриття жалюзі. Це свідчить про постійну завантаженість системи під час роботи автоматичного режиму та короточасне навантаження в моменти обробки команд користувача, активної роботи приводу.

Логування параметрів роботи системи керування жалюзі в режимі відкриття/закриття по ступеню освітленості здійснювалось у проміжку часу з 20:40:55 до 9:57:09 наступного дня. Пристрій було налаштовано на закриття при 50 лк та відкриття при 1000 лк.

На графіку про стан двигуна (рис.3.5.4) видно позитивний імпульс (5:11:36-5:12:36) свідчить про процес відкриття та негативний (20:55:56- 20:56:56) – про закриття. Система здійснила відкриття у момент досягнення освітленості в 1000 лк і закриття — у вечірній час, коли освітленість знизилася нижче 50 лк.

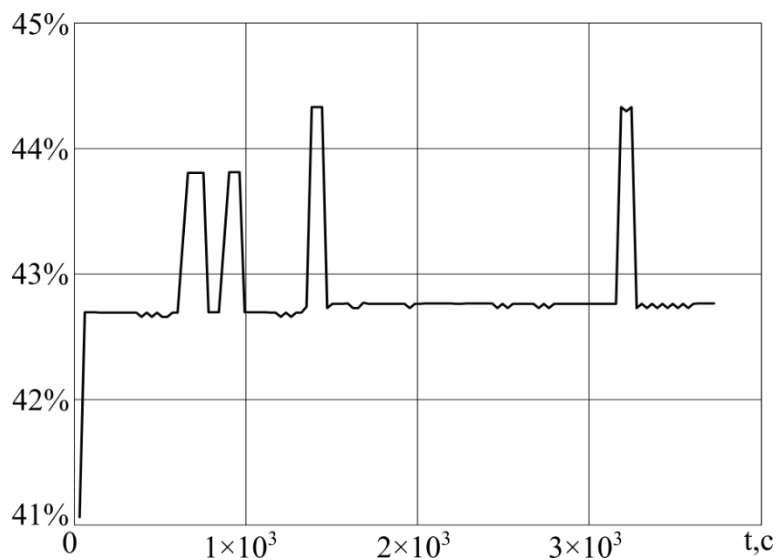


Рис. 3.5.3 Графік завантаженості RAM відносно часу (рижим по часу)

Тривалість імпульсів відповідає часу, необхідному для повного закриття/відкриття, згідно з ініціалізованими на початку роботи кроками двигуна.

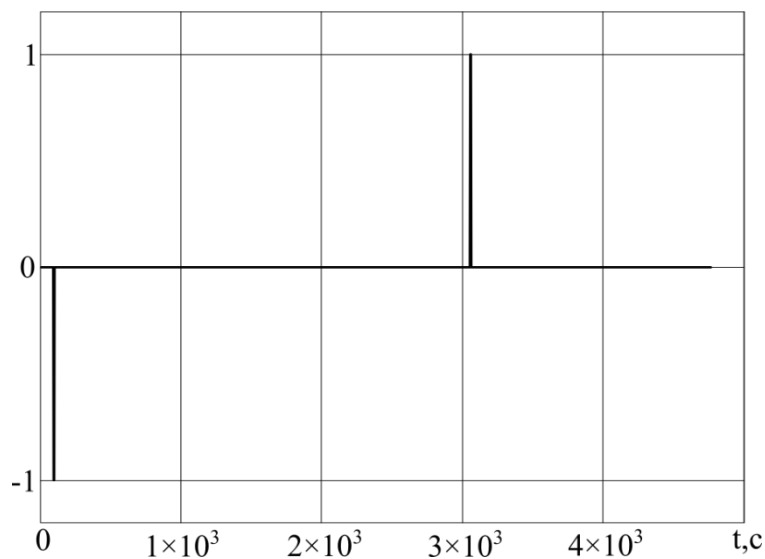


Рис. 3.5.4 Графік стану двигуна відносно часу (рижим по освітленості)

На графіку освітленості (рис. 3.5.5) спостерігається типовий денний цикл: значення лк різко знижується на заході сонця, тримається у нульовому діапазоні вночі та різко зростає після сходу сонця. Спад освітленості після 7:43:38 обумовлений хмарністю. Момент відкриття жалюзі припадає на точку перетину порогу 1000 лк, а закриття - при падінні нижче 50 лк, що підтверджує правильну роботу алгоритму.

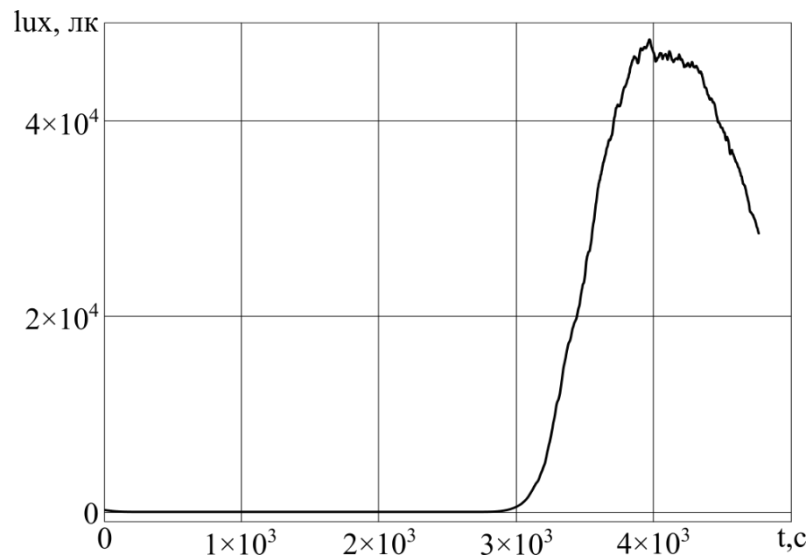


Рис. 3.5.5 Графік освітленості відносно часу (рижим по освітленості)

На графіку про завантаженість RAM (рис.3.5.6) показано як протягом усього періоду значення залишається стабільним, в середньому $\sim 42.8\%$, за винятком окремих сплесків і провалів. Пікові значення в $\sim 44.3\%$ перепадають на час роботи привода, імпульси до $\sim 43.8\%$ - зміна налаштувань режиму під час його роботи, провал до $\sim 41\%$ пов'язаний з внутрішніми процесами самого контролера.

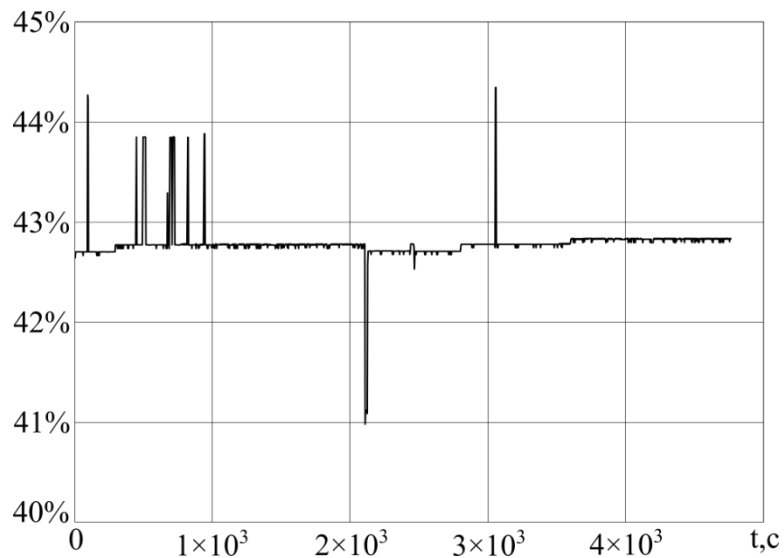


Рис. 3.5.6 Графік завантаженості RAM відносно часу (рижим по освітленості)

Висновки за 3 розділом

Система постійно відстежує освітленість і миттєво реагує на зміни, залежно від налаштувань користувача. Також він завжди може перейти на ручне керування.

Основа системи - мікроконтролер ESP-WROOM-32 з датчиком освітленості BH1750 і кроковим двигуном 28byj-48. Компоненти з'єднані через стандартні інтерфейси. Обмежувальні кнопки точно калібрують положення жалюзі. Код дозволяє системі одночасно підключатися до WiFi, обробляти команди, стежити за освітленням і керувати двигуном. Передбачено обробку помилок і логування подій для діагностики. Система працює плавно без затримок. Керування здійснюється через веб-інтерфейс на комп'ютері. Можна налаштовувати режими роботи, синхронізувати час і моніторити стан системи.

Система показала стабільну роботу в обох режимах (за часом та освітленістю). Жалюзі точно реагують на зміни умов і виконують команди без затримок. Споживання енергії мінімальне, використання пам'яті ефективне.

Розроблена система керування жалюзі поєднує надійність сучасних технологій із простотою використання. Досягнуто поставлених цілей щодо автоматизації та енергоефективності. Система придатна для використання в різних приміщеннях і має хороші перспективи для подальшого вдосконалення.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

4.1 Інструкція з охорони праці при лудінні і паянні

1. Загальні положення

1.1. Інструкція поширюється на виконання робіт з паяння і лудіння, що виконується здобувачами освіти в майстерні.

1.2. Здобувачі освіти знаходяться на робочому місці протягом всього заняття.

1.3. Паяння використовується для утворення нероз'ємного з'єднання у випадках, якщо небажане нагрівання до високої температури з'єднаних деталей. Лудіння застосовується при підготовці деталей до паяння, а також для захисту виробів від корозії.

1.4. Робота виконується з допомогою паяльників періодичного нагрівання, електричних, паяльних ламп, бензиновими, газовими паяльниками.

1.5. При паянні використовуються флюси різного складу і призначення.

1.6. До виконання робіт допускаються здобувачі освіти, що пройшли первинний інструктаж з ОП при паянні і лудінні, мають навички роботи з паяльниками різного типу.

1.7. Електричні паяльники повинні бути напругою не більше 42В, місцеве освітлення має бути справним і напругою не більше 42В.

1.8. Роботи виконуються на столах з діелектричним покриттям на спеціальних підставках. Електропаяльники забезпечені підставками, що запобігають пошкодженню столів від перегрівання.

1.9. Здобувачі освіти на заняття одягаються в халати, берети або шапочки.

1.10. Основними небезпечними факторами при паянні є:

- робота з електропаяльниками;
- висока температура деталей, розплавлений припой;
- наявність флюсів, які розкладаються і окисляються при високій температурі з виділенням шкідливих речовин;
- використання речовин для хімічного обезжирювання деталей [28].

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Надіти спецодяг так, щоб він не утруднював рухів, всі гудзики повинні бути застібнуті.

2.2. Уважно оглянути робоче місце і підготувати його до роботи: прибрати всі зайві і заважаючі роботі предмети, інструменти, матеріали розмістити у зручному порядку, інструктивні і інструктивно-технологічні документи розмістити на підставках, перевірити справність витяжної вентиляції [28].

3. Вимоги безпеки під час роботи

3.1. Підтримувати на робочому місці чистоту і порядок, працювати тільки при включеній вентиляції.

3.2. При виконанні робіт бути уважним, не відволікатись сторонніми справами і розмовами.

3.3. Очищення паяльників від залишків припою виконувати серветкою, не допускати струшування.

3.4. Паяльник повинен лежати на підставці.

3.5. Під ногами повинен бути діелектричний килимок.

3.6. Вимикати паяльник з розетки потрібно за корпус вилки.

3.7. У електричного паяльника ручка повинна бути сухою [28].

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. Відключити паяльник, вимкнути рубильник.

4.2. Привести в порядок робоче місце.

4.3. Зняти спецодяг і покласти у відповідне для нього місце.

4.4. Вимити руки з милом.

4.5. З дозволу майстра залишити приміщення майстерні [28].

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. У разі виникнення будь-якої аварійної ситуації (виходу зі строю обладнання, пожежі, техногенної аварії, тощо), при небезпеці для людей тощо треба негайно зупинити роботу, повідомити майстра в/н.

5.2. У випадку відключення електроенергії, виявлення несправності електрозварювального обладнання слід терміново вимкнути все електрообладнання, яке знаходиться в роботі, підключення його можна виконувати тільки після того, як напруга електромережі буде відповідати нормам.

5.3. Якщо сталася пожежа, треба повідомити майстра в/н, виконувати всі його вказівки щодо ліквідації небезпеки.

5.4. У разі виникнення нещасного випадку і травмування людей потерпілий або свідок нещасного випадку повинен повідомити про нещасний випадок майстра в/н і вжити заходів щодо надання необхідної допомоги потерпілому [28].

4.2 Правила охорони праці під час виробництва радіо- та електронної апаратури

1. Загальні положення

1.1. Ці Правила поширюються на суб'єктів господарювання незалежно від форм власності та організаційно-правових форм, які здійснюють діяльність, пов'язану з виробництвом радіо- та електронної апаратури.

1.2. Ці Правила встановлюють вимоги з охорони праці під час виробництва радіо- та електронної апаратури.

1.3. Ці Правила є обов'язковими для роботодавців та працівників, які виконують роботи з виробництва радіо- та електронної апаратури [29].

2. Загальні вимоги

2.1. Роботодавець створює службу охорони праці відповідно до вимог Типового положення про службу охорони праці, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 15 листопада 2004 року N 255, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 01 грудня 2004 року за N 1526/10125 (НПАОП 0.00-4.21-04).

2.2. Роботодавець розробляє та затверджує інструкції з охорони праці відповідно до вимог Положення про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженого наказом Комітету по нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України від 29 січня 1998 року N 9, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 07 квітня 1998 року за N 226/2666 (НПАОП 0.00-4.15-98).

2.3. Навчання і перевірка знань з питань охорони праці посадових осіб та працівників повинні проводитися відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26 січня 2005 року N 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15 лютого 2005 року за N 231/10511 (НПАОП 0.00-4.12-05).

2.4. Роботодавець повинен розробити та затвердити перелік робіт з підвищеною небезпекою відповідно до вимог Переліку робіт з підвищеною небезпекою, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26 січня 2005 року N 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15 лютого 2005 року за N 232/10512 (НПАОП 0.00-2.01-05).

2.5. Роботодавець з урахуванням потреби у професійному доборі розробляє та затверджує перелік робіт, виконання яких потребує професійного добору, відповідно до вимог Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі,

затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України, Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 23 вересня 1994 року N 263/121, зареєстрованого у Міністерстві юстиції України 25 січня 1995 року за N 18/554.

2.6. Забороняється залучення жінок до робіт відповідно до Переліку важких робіт та робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці жінок, затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України від 29 грудня 1993 року N 256, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 30 березня 1994 року за N 51/260.

Підіймання та переміщення важких речей жінками здійснюються з дотриманням вимог Граничних норм підіймання і переміщення важких речей жінками, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 10 грудня 1993 року N 241, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 22 грудня 1993 року за N 194.

2.7. Забороняється залучення неповнолітніх до робіт відповідно до Переліку важких робіт і робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх, затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України від 31 березня 1994 року N 46, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 28 липня 1994 року за N 176/385.

Підіймання та переміщення важких речей неповнолітніми необхідно здійснювати з дотриманням вимог Граничних норм підіймання і переміщення важких речей неповнолітніми, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 22 березня 1996 року N 59, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 16 квітня 1996 року за N 183/1208.

2.8. Роботодавець повинен опрацювати і затвердити нормативні акти про охорону праці, що діють на підприємстві, відповідно до вимог Порядку опрацювання і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві, затвердженого наказом Державного комітету України

по нагляду за охороною праці від 21 грудня 1993 року N 132, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 07 лютого 1994 року за N 20/229 (НПАОП 0.00-6.03-93).

2.9. Роботодавець організовує проведення попереднього (під час прийняття на роботу) та періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників певних категорій відповідно до вимог Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій, затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007 року N 246, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 23 липня 2007 року за N 846/14113.

2.10. Роботодавець повинен безоплатно забезпечити працівників, зайнятих на роботах зі шкідливими умовами праці, молоком або іншими рівноцінними харчовими продуктами; на роботах з особливо шкідливими умовами праці - лікувально-профілактичним харчуванням відповідно до Кодексу законів про працю України.

2.11. Розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві здійснюються відповідно до вимог Порядку проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30 листопада 2011 року N 1232.

2.12. Роботодавець повинен організувати проведення атестації робочих місць за умовами праці відповідно до вимог Порядку проведення атестації робочих місць за умовами праці, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 01 серпня 1992 року N 442.

2.13. Роботодавець повинен забезпечити безпечну експлуатацію електроустаткування відповідно до вимог Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, затверджених наказом Комітету по нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України від 09 січня

1998 року N 4, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 10 лютого 1998 року за 93/2533 (НПАОП 40.1-1.21-98).

2.14. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря приміщень повинні відповідати вимогам чинного законодавства.

2.15. Роботодавець повинен забезпечити працівників засобами індивідуального захисту відповідно до вимог Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту, затвердженого наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 24 березня 2008 року N 53, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 21 травня 2008 року за N 446/15137 (НПАОП 0.00-4.01-08).

2.16. Засоби індивідуального захисту повинні відповідати вимогам Технічного регламенту засобів індивідуального захисту, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 27 серпня 2008 року N 761.

2.17. Працівники, які виконують роботи під час виробництва радіо- та електронної апаратури, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до Норм безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам загальних професій різних галузей промисловості, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 16 квітня 2009 року N 62, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 12 травня 2009 року за N 424/16440 (НПАОП 0.00-3.07-09), Норм безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам машинобудування та металообробної промисловості, затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 21 лютого 2006 року N 89, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 10 березня 2006 року за N 250/12124 (НПАОП 29.0-3.02-06), та Норм безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального

захисту працівникам радіоелектронної промисловості, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 11 грудня 2007 року N 297, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 26 грудня 2007 року за N 1403/14670 (НПАОП 32.1-3.01-07).

2.18. Роботодавець повинен забезпечити працівників, які виконують роботи із застосуванням речовин та розчинів, що викликають подразнення шкіри і слизової оболонки носа, профілактичними пастами або мазями відповідно до вимог ГОСТ 12.4.068-79 "Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты дерматологические. Классификация и общие требования" [29].

3. Вимоги безпеки до організації робочих місць

3.1. Роботодавець повинен створити для кожного працівника безпечні і нешкідливі умови праці шляхом належного облаштування робочих місць відповідно до Загальних вимог стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників, затверджених наказом Міністерства надзвичайних ситуацій України від 25 січня 2012 року N 67, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 14 лютого 2012 року за N 226/20539 (НПАОП 0.00-7.11-12).

3.2. Робочі місця повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.032-78 "Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования" та ГОСТ 12.2.033-78 "Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования".

3.3. Робочі місця повинні розміщуватися поза лінією руху вантажу, який транспортується вантажопідіймальними засобами.

3.4. Параметри мікроклімату в межах робочої зони повинні відповідати вимогам Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року N 42.

3.5. Рівень шуму на робочих місцях повинен відповідати нормам, встановленим Санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99, затвердженими постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року N 37.

3.6. Загальні вимоги безпеки до захисту від шуму на робочих місцях, шумові характеристики машин та механізмів повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.003-83 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности".

3.7. Роботодавець повинен здійснювати контроль рівня шуму відповідно до вимог ГОСТ 12.1.050-86 "Система стандартов безопасности труда. Методы измерения шума на рабочих местах" та ДСТУ 2867-94 "Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги".

3.8. Рівень вібрації на робочих місцях не повинен перевищувати норм, встановлених Державними санітарними нормами виробничої загальної та локальної вібрації ДСН 3.3.6.039-99, затвердженими постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року N 39, та ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 "Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования" (з обмеженою сферою застосування - тільки в питанні гігієнічного нормування в галузі вібрації).

3.9. Параметри електромагнітних полів на робочих місцях повинні відповідати вимогам Державних санітарних норм і правил при роботі з джерелами електромагнітних полів, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 18 грудня 2002 року N 476, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 13 березня 2003 року за N 203/7524 (ДСН 3.3.6.096-2002).

3.10. У робочій зоні виробничих приміщень вміст шкідливих речовин не повинен перевищувати граничнодопустимих концентрацій, встановлених ГОСТ

12.1.005-88 "Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны".

3.11. Забороняється захащувати робочі місця готовою продукцією, матеріалами, деталями і предметами, які не використовуються у процесі виробництва.

3.12. Площа робочої поверхні столу повинна забезпечувати зручне розміщення технологічного устаткування, приладів та інструментів з урахуванням зони досяжності працівника в горизонтальній і вертикальній площинах [29].

4. Вимоги з охорони праці до технологічних процесів під час виробництва радіо- та електронної апаратури

1. Загальні вимоги до технологічних процесів

1.1. Зберігання, складування та транспортування заготовок, матеріалів і готових виробів необхідно здійснювати у спеціальній та уніфікованій тарі відповідно до вимог ГОСТ 14861-91 "Тара производственная. Типы", ГОСТ 19822-88 "Тара производственная. Технические условия", ГОСТ 12.3.010-82 "Система стандартов безопасности труда. Тара производственная. Требования безопасности при эксплуатации".

1.2. У великосерійному виробництві для завантаження автоматизованих потокових ліній та міжопераційного зберігання виробів необхідно використовувати багатомісні касети.

1.3. Хімічні речовини необхідно зберігати в закритій тарі з бирками та етикетками відповідно до вимог ГОСТ 3885-73 "Реактивы и особо чистые вещества. Правила приемки, отбор проб, фасовка, упаковка, маркировка, транспортирование и хранение" з урахуванням здатності до хімічної взаємодії цих речовин та Правил охорони праці для виробництв основної хімічної промисловості, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26 серпня 2010

року N 162, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 24 вересня 2010 року за N 850/18145.

1.4. Тара для зберігання хімічних речовин повинна мати написи, сигнальний колір та знаки безпеки згідно з вимогами Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 року N 1262 (далі - Технічний регламент знаків безпеки і захисту здоров'я працівників), та ДСТУ ISO 6309:2007 "Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір" (ISO 6309:1987, IDT).

1.5. Забороняється зберігання в складських приміщеннях ціаністих сполук у сухому вигляді. Водний розчин ціаністих сполук для коригування робочих ванн необхідно зберігати у витяжній шафі у герметично закритих опломбованих ємностях.

1.6. Транспортування хімічних речовин та їх відходів необхідно виконувати згідно з вимогами ГОСТ 12.3.020-80 "Система стандартів безопасности труда. Процессы перемещения грузов на предприятии. Общие требования безопасности".

1.7. Заготовки із склотканини необхідно зберігати в холодильнику у щільно закритих поліетиленових мішках, укладених у тару. Для запобігання виникненню конденсату вийняті з холодильника заготовки необхідно витримати у приміщенні для приведення заготовки до кімнатної температури.

1.8. Вантажно-розвантажувальні роботи необхідно виконувати згідно з вимогами ГОСТ 12.3.009-76 "Система стандартів безопасности труда. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности".

1.9. Експлуатацію виробничого устаткування необхідно здійснювати відповідно до вимог Технічного регламенту безпеки машин, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30 січня 2013 року N 62, та ГОСТ 12.2.003-91 "Система стандартів безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности".

Технічний огляд, випробування та експертне обстеження (технічне діагностування) машин, механізмів, обладнання підвищеної небезпеки необхідно здійснювати відповідно до вимог Порядку проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 року N 687.

1.10. Контрольно-вимірювальні прилади повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.3.019-80 "Система стандартів безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности" та ГОСТ 12.1.006-84 "Система стандартів безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля".

Використання у складі контрольно-вимірювальних приладів джерел іонізуючого випромінювання необхідно здійснювати за наявності ліцензії на провадження діяльності з використання джерел іонізуючого випромінювання відповідно до Вимог та умов безпеки (ліцензійних умов) провадження діяльності з використання джерел іонізуючого випромінювання, затверджених наказом Державного комітету ядерного регулювання України від 02 грудня 2002 року N 125, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 17 грудня 2002 року за N 978/7266 (НП 306.5.05/2.065-2002), Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 02 лютого 2005 року N 54, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 20 травня 2005 року за N 552/10832 (ДСП 6.177-2005-09-02), крім джерел іонізуючого випромінювання, діяльність з використання яких звільняється від ліцензування, у встановленому законодавством порядку згідно з Критеріями, за якими діяльність з використання джерел іонізуючого випромінювання звільняється від ліцензування, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 16 листопада 2011 року N 1174.

1.11. Відкриті частини машин, механізмів і устаткування та рухомі частини повинні бути огорожені згідно з вимогами ГОСТ 12.2.062-81 "Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные".

1.12. Роботи із застосуванням абразивного інструменту необхідно виконувати відповідно до вимог Правил охорони праці під час роботи з абразивним інструментом, затверджених наказом Міністерства надзвичайних ситуацій України від 22 жовтня 2012 року N 1277, зареєстрованих в Міністерстві юстиції України 08 листопада 2012 року за N 1879/22191 (далі - НПАОП 28.0-1.30-12).

1.13. Пневматичний інструмент повинен відповідати вимогам ГОСТ 12.2.010-75 "Система стандартов безопасности труда. Машины ручные пневматические. Общие требования безопасности".

1.14. Температура нагрітих поверхонь устаткування та огорожень не повинна перевищувати 43° С згідно з вимогами ДСТУ EN 563-2001 "Безпечність машин. Температури поверхонь, доступних для дотику. Ергономічні дані для встановлення граничних значень температури гарячих поверхонь".

1.15. Не дозволяється виконання робіт з використанням легкозаймистих і горючих рідин у приміщеннях, які не обладнані припливно-витяжною вентиляцією.

1.16. Перед входом у складські приміщення та всередині них на видних місцях, де зберігаються легкозаймисті і горючі рідини або виконуються роботи з вогнебезпечними речовинами, повинні бути попереджувальні написи відповідно до вимог Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників.

1.17. Для зберігання окремого виду легкозаймистих і горючих рідин у складському приміщенні повинно бути відведене окреме місце із зазначенням

речовини, що зберігається на цьому місці. Не дозволяється зберігання легкозаймистих і горючих рідин у місцях зберігання кислот.

1.18. Наповнення тари для використання на робочих місцях легкозаймистих і горючих рідин, яка переноситься ручним способом, необхідно виконувати у складському приміщенні за допомогою сифона та насоса.

1.19. Переливання легкозаймистих і горючих рідин у складському приміщенні в тару та у відповідний робочий посуд необхідно здійснювати на металевих піддонах з бортами не нижче 5 см. Накопичення рідини в піддоні не дозволяється.

1.20. Легкозаймисті і горючі рідини повинні видаватися для роботи у спеціальній тарі, яка унеможливорює іскроутворення, зі щільно закритими кришками.

1.21. Посуди з легкозаймистими і горючими рідинами, які знаходяться на робочому місці, необхідно закріплювати для запобігання їх перекиданню.

1.22. Тара для зберігання легкозаймистих і горючих рідин повинна мати напис, який не змивається водою і нафтопродуктами, містить найменування легкозаймистих і горючих рідин та їх марку, ємність тари в літрах та попереджувальні написи.

1.23. Очищення тари необхідно виконувати за допомогою дерев'яного, пластмасового або металевого інструмента, який не викликає іскор (мідний, латунний).

1.24. Відпрацьовані легкозаймисті й горючі рідини на робочих місцях до здачі їх у складське приміщення необхідно зберігати в тарі зі щільною кришкою у спеціальному приміщенні або шафі з витяжною вентиляцією [29].

2. Вимоги з охорони праці під час виробництва стрічкових магнітопроводів

2.1. Ультразвукова ванна повинна бути обладнана місцевою витяжною вентиляцією, мати блокування для відключення установки під час відкривання кришки та розміщуватись у звукоізолювальному кожусі з герметичною кришкою.

2.2. Установки для різання стрічкових магнітопроводів на смуги повинні бути оснащені запобіжними лінійками. Захисне огородження повинно бути заблоковане з пуском машини або преса.

2.3. Забороняється різання магнітопроводів без застосування змащувальних матеріалів, визначених технічною документацією на це устаткування.

2.4. Печі для відпалювання та сушильні шафи повинні бути обладнані автоматичними пристроями, що забезпечують відключення електроживлення під час завантаження та вивантаження виробів.

2.5. Фарбування магнітопроводів необхідно виконувати відповідно до вимог ГОСТ 12.3.005-75 "Система стандартов безопасности труда. Работы окрасочные. Общие требования безопасности" (далі - ГОСТ 12.3.005-75) [29].

3. Вимоги з охорони праці під час виготовлення керамічних виробів і феритів

3.1. Бігуни для подрібнення кам'яних матеріалів необхідно закривати кожухами та огорожувати міцними металевими поясами.

3.2. Елеватори повинні бути обладнані пристосуваннями, що унеможливають зворотний хід ковшів і падіння ківшової стрічки, та сигналізацією.

3.3. Натяжні та приводні барабани транспортерів необхідно огорожувати.

Розвантаження гарячого шлікера (формувальної маси) за відсутності засобів механізації необхідно виконувати не менше ніж двома працівниками.

3.4. Печі для випалювання та сушильні шафи, в яких здійснюється зневоднення шлікера, повинні бути обладнані витяжною вентиляцією.

3.5. Експлуатацію гідравлічних пресів для протягування заготовок пластичних мас необхідно здійснювати відповідно до вимог ГОСТ 12.2.017-93 "Система стандартов безопасности труда. Оборудование кузнечно-прессовое. Общие требования безопасности".

3.6. Очищення виробів від засипних матеріалів і знепилення після випалювання необхідно виконувати у витяжних шафах або на монтажних столах, обладнаних місцевою витяжною вентиляцією, вакуумними або пиловідсмоктувальними установками. Забороняється обдувати вироби стисненим повітрям.

3.7. Експлуатацію електричних печей необхідно здійснювати відповідно до вимог Правил охорони праці при термічній обробці металів, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 18 грудня 2007 року N 315, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 28 січня 2008 року за N 66/14757 (далі - НПАОП 28.5-1.02-08).

3.8. Експлуатацію печей на газовому паливі необхідно здійснювати відповідно до вимог Правил безпеки систем газопостачання України, затверджених наказом Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 01 жовтня 1997 року N 254, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 15 травня 1998 року за N 318/2758 (далі - НПАОП 0.00-1.20-98).

3.9. Завантаження виробів у газові печі та вивантаження з них повинні бути механізованими.

3.10. Механічну обробку заготовок і виробів необхідно виконувати згідно з вимогами ГОСТ 12.2.009-80 "Система стандартов безопасности труда. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности".

3.11. Експлуатацію верстатів з абразивними і алмазними кругами необхідно здійснювати згідно з вимогами ГОСТ 12.3.025-80 "Система стандартів безпеки праці. Обробка металів різанням" [29].

4. Вимоги з охорони праці під час виготовлення мікросхем

4.1. Зважування, змішування, завантаження в барабани, дроблення, розмелювання, просіювання дрібнодисперсних порошків необхідно виконувати в шафах, обладнаних вентиляцією та фільтрами, які уловлюють пил.

4.2. Під час роботи з високовакуумними охолоджувальними пастками дозволяється використання тільки рідкого азоту. Забороняється використовувати рідкий кисень і повітря.

4.3. Контролювати роботу механізму подачі заготовок в індуктор і вилучення їх у процесі отримання резистивних сплавів на основі кремнію та хрому в індукційних печах необхідно за допомогою приладів управління процесом нагріву.

Індуктор і конденсатори повинні мати водяне охолодження, температура води на виході повинна бути не вище встановленої технологічною документацією.

4.4. Ручне очищення внутрішніх поверхонь печей від осаду германію, кремнію та їх сполук необхідно виконувати при працюючій припливно-витяжній вентиляції.

4.5. Різання злитків германію та кремнію та шліфування пластин необхідно виконувати на верстатах, обладнаних захисними кожухами з вікнами з органічного скла.

4.6. Роботи зі знежирення та хімічного очищення випарників і деталей внутрішньокамерних пристроїв, скляних ковпаків підковпачного оснащення, електровакуумної установки необхідно виконувати у витяжній шафі.

Очищення внутрішньокамерного оснащення і металевих ковпаків, які важко знімаються, необхідно виконувати при працюючій місцевій вентиляції.

4.7. Кріплення елементів мікросхем та їх герметизацію за допомогою епоксидних компаундів необхідно виконувати у витяжних шафах.

4.8. Герметизацію мікросхем електронно-променевим або лазерним зварюванням необхідно виконувати відповідно до вимог ДСТУ 3941-2000 "Лазерна безпека. Терміни та визначення" (далі - ДСТУ 3941-2000) та ГОСТ 12.1.040-83 "Система стандартов безопасности труда. Лазерная безопасность. Общие положения".

4.9. Для усунення інфрачервоного випромінювання, що створюється при оплавленні захисного металорезиста (олово - свинець), необхідно використовувати захисні засоби відповідно до вимог ГОСТ 12.4.123-83 "Система стандартов безопасности труда. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования" [29].

5. Вимоги з охорони праці під час намотувальних і кабельно-шнурових робіт

5.1. Технологічні процеси, що використовуються в роботі під час обробки проводів, паяння, лудіння, намотування, повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.3.002-75 "Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности".

5.2. Не дозволяється під час роботи на обрізних верстатах ставити несправні ріжучі інструменти, гальмувати диск при зупинці електродвигуна.

5.3. Не дозволяється відкривати двері каркаса генератора або знімати щити установки без попереднього вимикання загального рубильника під час роботи на верстаті діелектричної термічної обробки.

5.4. Намотувальні верстати повинні бути обладнані пристроями для міцного закріплення каркаса котушки у шпинделі верстата.

5.5. Пристрій для змотування проводу повинен міцно закріплюватись і мати пристосування для швидкого його гальмування.

5.6. Намотувальні та перемотувальні верстати повинні мати захисні екрани і пристрої для укладання проводів.

5.7. Ріжуча частина диска верстата для нарізання проводів повинна бути закрита запобіжним кожухом, заблокованим з пусковим пристроєм.

5.8. Транспортування готових виробів, матеріалів, відходів необхідно здійснювати транспортними засобами з відкидними бортами [29].

6. Вимоги з охорони праці під час просочування, заливання, обволікання, сушіння радіодеталей

6.1. Приготування компаундів, просочування, заливку та обволікання деталей радіо- та електронної апаратури необхідно виконувати в приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією.

Роботи із застосуванням компаундів, герметиків, розрідження розчинниками лаків та знежирення деталей необхідно виконувати у витяжних шафах або на робочих столах, обладнаних місцевою витяжною вентиляцією.

6.2. Нанесення шпаклівок, ґрунтовок, лаків і емалей на основі епоксидних смол методом розпилення необхідно виконувати у фарбувальних камерах, обладнаних гідрофільтрами і вентиляцією.

6.3. Експлуатацію устаткування, що працює під тиском, необхідно здійснювати відповідно до вимог Технічного регламенту безпеки обладнання, що працює під тиском, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 19 січня 2011 року N 35 (далі - Технічний регламент безпеки обладнання, що працює під тиском).

Посудини, обладнані байонетним і подібного типу затворами, повинні мати пристрої, що унеможливають подачу газу під тиском у посудину при неповному закриванні кришки і її відкриванні.

6.4. Просочувальні ванни ємністю до 0,5 м³ повинні бути обладнані кришками, що щільно закриваються, і бортовими відсмоктувачами.

Ванни ємністю понад 0,5 м³ необхідно встановлювати в спеціальні камери, обладнані витяжною вентиляцією [29].

7. Вимоги з охорони праці під час виробництва друкованих плат і сітчастих трафаретів

7.1. Технологічні процеси під час виробництва друкованих плат повинні відповідати вимогам ГОСТ 23662-79 "Платы печатные. Получение заготовок фиксирующих и технологических отверстий. Требования к типовым технологическим процессам", ГОСТ 23663-79 "Платы печатные. Механическая зачистка поверхности. Требования к типовому технологическому процессу", ГОСТ 23664-79 "Платы печатные. Получение монтажных и подлежащих металлизации отверстий. Требования к типовым технологическим процессам", ГОСТ 23665-79 "Платы печатные. Обработка контура. Требования к типовым технологическим процессам" та ГОСТ 23770-79 "Платы печатные. Типовые технологические процессы химической и гальванической металлизации".

7.2. У технологічних процесах паяння елементів друкованих плат необхідно замінювати припої, які містять свинець, на припої, які містять олово, мідь, срібло.

7.3. Лазерне паяння друкованих плат необхідно виконувати відповідно до вимог ДСТУ 3941-2000.

7.4. Термічне дублення фоторезисту на основі полівінілового спирту в розплаві солей необхідно виконувати в окремому приміщенні, обладнаному припливно-витяжною вентиляцією.

7.5. Експлуатацію нагрівального і термічного електроустаткування необхідно здійснювати відповідно до вимог НПАОП 28.5-1.02-07.

7.6. Концентровані кислоти необхідно розбавляти водою, при цьому кислоту лити у воду слід повільним струменем, не допускаючи розбризкування.

Розчинення лугу у воді необхідно виконувати невеликими порціями з безперервним перемішуванням при температурі води не вище 90° С.

7.7. Лакофарбувальні роботи необхідно виконувати відповідно до вимог ГОСТ 12.3.005-75.

7.8. Очищення фарбувального обладнання від лаку і фарби необхідно виконувати за допомогою неіскристого інструменту.

7.9. Роботи на ультразвукових установках під час виробництва друкованих плат необхідно виконувати відповідно до вимог ГОСТ 12.1.001-89 "Система стандартів безпеки праці. Ультразвук. Общие требования безопасности", ГОСТ 12.2.051-80 "Система стандартів безпеки праці. Оборудование технологическое ультразвуковое. Требования безопасности" та ГОСТ 12.4.077-79 "Система стандартів безпеки праці. Ультразвук. Метод измерения звукового давления на рабочих местах"[29].

8. Вимоги з охорони праці під час налагодження та регулювання радіо- та електронної апаратури

8.1. Налаштування та регулювання радіо- та електронної апаратури необхідно виконувати відповідно до вимог технологічної та конструкторської документації за допомогою інструментів з ізолювальними ручками.

8.2. Під час налагодження блоків, що мають конденсатори з напругою вище 110 В, необхідно розташовувати блоки так, щоб конденсатори не знаходилися проти регулювальника і не були звернені в бік сусідніх робочих місць.

8.3. Під час роботи з апаратурою надвисокої частоти необхідно застосовувати пристрої захисту працівників залежно від типу джерела випромінювання, його потужності згідно з технологічним процесом

(екранування джерел випромінювання та робочих місць біля джерел випромінювання).

8.4. Для регулювання, пробиття і коронування в елементах хвильового тракту необхідно використовувати пристрої, що унеможливають небезпечне інтенсивне опромінення [29].

9. Вимоги з охорони праці під час випробування радіо- та електронної апаратури

9.1. Механічні, кліматичні, електричні, радіаційні і біологічні випробування радіо- та електронної апаратури необхідно виконувати відповідно до вимог ГОСТ 18725-83 "Микросхемы интегральные. Общие технические условия", ГОСТ 20.57.406-81 "Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний".

9.2. Змінювати температурний або барометричний режим у камері дозволяється працівнику, який відповідальний за проведення випробувань.

9.3. Ремонт окремих вузлів і агрегатів у термобарокамерах необхідно виконувати при повному видаленні холодоагентів і зниженні тиску парів газоподібного залишку до атмосферного. Всмоктуючий і нагнітальний вентиляції повинні бути закриті.

9.4. Встановлення та зняття випробовуваних виробів радіо- та електронної апаратури і ремонт випробувального устаткування необхідно виконувати після відключення електроживлення та відновлення заданого тиску повітря.

9.5. Випробування вузлів і блоків радіо- та електронної апаратури на герметичність стисненим повітрям необхідно виконувати на спеціальних стендах [29].

10. Вимоги з охорони праці під час проведення експериментальних робіт

10.1. Слюсарно-складальні роботи під час експериментальних робіт зі створення нових зразків радіо- та електронної апаратури необхідно виконувати відповідно до вимог Правил охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями, затверджених наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 19 грудня 2013 року N 966, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 25 лютого 2014 року за N 327/25104, НПАОП 28.0-1.30-12 та ГОСТ 12.2.029-88 "Система стандартів безпеки труда. Приспособления станочные. Требования безопасности".

10.2. Подачу електроживлення на обладнання необхідно здійснювати після випробування на герметичність охолоджувальних систем, у яких використовуються легкозаймисті рідини або гази.

10.3. Контролювати якість швів у процесі експлуатації необхідно радіологічним методом або методом ультразвукової дефектоскопії відповідно до ДСТУ EN 444:2005 "Неруйнівний контроль. Основні принципи радіографічного методу контролю металів рентгенівськими і гамма-випромінюваннями" та ДСТУ EN 1714:2005 "Неруйнівний контроль зварних з'єднань. Контроль зварних з'єднань ультразвуковий".

10.4. Роботи, пов'язані з використанням лабораторних автоклавів, кисневих і ацетиленових балонів та газових приладів, необхідно виконувати відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.20-98 [29].

4.3 Інструкція з техніки безпеки під час роботи з електропаяльником

1. Загальні положення

1.1. До роботи з електропаяльником допускаються особи, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання, вступний та первинний інструктаж з охорони праці.

1.2. Небезпечність у роботі:

- опік бризками розплавленого металу або гарячим паяльником;
- отруєння і пошкодження очей та шкіри під час роботи з кислотами і флюсами [30].

2. Вимоги безпеки до початку роботи

- 2.1. Одягніть спецодяг, заховайте волосся під головний убір.
- 2.2. Підготуйте і перевірте справність інструменту, електропаяльника і пристроїв. Обов'язково переконайтесь у справності ручки електропаяльника і проводів.
- 2.3. Перевірте надійність заземлення робочого столу.
- 2.4. Переконайтесь, що поблизу місця роботи немає легкозаймистих матеріалів і горючих рідин.
- 2.5. Про виявленні несправності повідомте вчителя, без його дозволу не починайте працювати [30].

3. Вимоги безпеки під час виконання робіт

- 3.1. Обережно поведіться з електропаяльником, не випускайте його з рук під час роботи, оберігайте від ударів.
- 3.2. Остерігайтесь бризок розплавленого припою, не доторкайтесь до гарячих місць руками.
- 3.3. Під час короткочасних перерв у роботі кладіть нагрітий електропаяльник на спеціальну підставку.
- 3.4. Якщо потрібно залишити робоче місце, вимкніть електропаяльник. Не виймайте вилку із штепсельної розетки за провід.
- 3.5. Під час паяння, лудіння і роботи з кислотами користуйтеся гумовими рукавицями і захисними окулярами.
- 3.6. Усі хімічні речовини, що застосовуються для паяння, тримайте у скляному посуді з притертими скляними пробками.

3.7. Травлення виробів перед лудінням і травлення кислоти для приготування хлористого цинку здійснюйте у витяжній шафі або у спеціально відведеному для цього приміщенні.

3.8. Будьте обережні з флюсами для паяльних робіт. Не розливайте їх на стіл, підлогу, одяг і взуття. Не змочуйте ними рук і не пробуйте на язик [30].

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. Вимкніть електропаяльник.

4.2. Приберіть робоче місце. Покладіть на встановлене місце інструменти, пристрої, припій, флюси.

4.3. Вимкніть вентилятор, витяжку.

4.4. Приведіть себе у порядок, вимийте з милом руки [30].

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. У випадку аварії або ситуації, яка може призвести до аварії, нещасного випадку, припиніть роботу, забезпечте огороження небезпечної зони, попередьте вчителя про небезпеку.

Про несправності повідомте вчителя, адміністрацію навчального закладу.

До ліквідації аварії самі не приступайте.

При пожежі зателефонуйте за номером 101.

5.2. При нещасних випадках надайте першу допомогу (долікарську) потерпілому і вжити заходів по наданню йому медичної допомоги [30].

ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі було розроблено та впроваджено систему автоматизованого керування електроприводом жалюзі, яка поєднує в собі сучасні технології, енергоефективність та зручність використання. Робота охопила три основні напрями: аналіз існуючих систем керування жалюзі, проектування власної системи на базі мікроконтролера ESP32 та програмну реалізацію алгоритмів роботи.

Система базується на модульній архітектурі, що дозволяє легко масштабувати її функціональні можливості. В якості основного керуючого елемента обрано мікроконтролер ESP-WROOM-32, який забезпечує високу продуктивність, підтримку бездротових технологій (WiFi, Bluetooth) та широкий спектр інтерфейсів для підключення периферії. Використання датчика освітленості BH1750 дозволило реалізувати точний контроль рівня світла, а кроковий двигун 28BYJ-48 забезпечив плавне і безшумне позиціонування ламелей.

Програмне забезпечення системи реалізоване з урахуванням сучасних підходів до автоматизації. Алгоритми роботи передбачають кілька режимів: ручне керування, автоматичне регулювання за рівнем освітленості та за часом. Особливу увагу приділено інтеграції з IoT-середовищем, що дозволяє керувати системою через програмний інтерфейс. Гнучкість налаштувань та можливість логування даних роблять систему зручною для користувача та придатною для використання в різних типах приміщень.

Експериментальні дослідження підтвердили ефективність розробленої системи. Графіки роботи демонструють стабільність, точність виконання команд та енергоефективність. Система коректно реагує на зміни зовнішніх умов, що робить її придатною для застосування як у житлових, так і в комерційних будівлях.

У цілому, дипломна робота довела доцільність використання автоматизованих систем керування жалюзі, які поєднують технологічні інновації з практичними перевагами. Розроблена система може стати основою для подальших досліджень, зокрема впровадження штучного інтелекту для адаптивного керування або інтеграції з іншими системами "розумного будинку".

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dyke, C.; Van Den Wymelenberg, K.; Djunaedy, E.; Steciak, J. Comparing Whole Building Energy Implications of Sidelighting Systems with Alternate Manual Blind Control Algorithms. *Buildings* 2015, 5, 467-496. <https://doi.org/10.3390/buildings5020467>
2. Bernt Meerbeek, Marije te Kulve, Tommaso Gritti, Mariëlle Aarts, Evert van Loenen, Emile Aarts, Building automation and perceived control: A field study on motorized exterior blinds in Dutch offices, *Building and Environment*, Volume 79, 2014, Pages 66-77, ISSN 0360-1323, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.04.023>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132314001279>)
3. Michael B. What is a KNX Smart Home or Building: A Complete Guide. 2015.
4. Bhatt, J. G., & Verma, H. K. (2010, February). RS-485/MODBUS based intelligent building automation system using LabVIEW. In 4th international conference on computer applications in electrical engineering-recent advances (CERA-09). IIT Roorkee.
5. Степанець, О. В., & Піргач, В. Є. (2018). Інтеграція технології Z-Wave в інформаційний простір промислової автоматизації за допомогою OPC UA. Вчені записки Таврійського національного університету імені ВІ Вернадського. Серія: Технічні науки, (29 (68), № 3 (2)), 1-7.
6. Farahani, S. Zigbee Wireless Networks and Transceivers, 1st ed.; Newnes: Burlington, MA, USA, 2008; pp. 6–12. ISBN 0750683937
7. W. Mardini, Y. Khamayseh, R. Jaradatand, R. Hijjawi, "Interference problem between ZigBee and WiFi", *International Proceedings of Computer Science and Information Technology*, pp. 133-138, 2012
8. Calvo, I., Abrahams, S., Barambones, O., Chouza, A., Velasco, J., Sáez de Ocáriz, I., Quesada, J. A comparison of wired and wireless technologies for control applications. En *Actas de las XXXIX Jornadas de Automática*, Badajoz, 5-7 de

Septiembre de 2018 (pp.538-545). DOI capítulo:
<https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497565.0538> DOI libro:
<https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497565>

9. Wired and wireless sensor networks for industrial applications, Microelectronics Journal, Volume 40, Issue 9, 2009, Pages 1322-1336, ISSN 18792391, <https://doi.org/10.1016/j.mejo.2008.08.012>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026269208004618>).

10. Van Den Wymelenberg, K. Patterns of occupant interaction with window blinds: A literature review. Energy Build. 2012, 51, 165–176.

11. Марченко, В. Ю. (2024). Система доповненого комфорту “Розумний будинок” як складова технологій та систем інтернету речей.

12. ESP32-WROOM-32 Datasheet
URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf (дата звернення: 10.06.2025).

13. ESP32 Technical Reference Manual
URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf (дата звернення: 10.06.2025).

14. ESP32 DevKit V1 Wi-Fi Development Board – Pinout Diagram
URL: <https://www.circuitstate.com/pinouts/doit-esp32-devkit-v1-wifi-development-board-pinout-diagram-and-reference/> (дата звернення: 10.06.2025).

15. Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC
URL: <https://www.mouser.com/datasheet/2/348/bh1750fvi-e-186247.pdf> (дата звернення: 10.06.2025).

16. Цифровий датчик освітленості BH1750
URL: <https://robostore.com.ua/ua/moduli-i-datchiki/datchiki-osveshennosti/cifrovoj-datchik-osveshennosti-bh1750/> (дата звернення: 10.06.2025).

17. BH1750 – Ambient Light Sensor
URL:<https://components101.com/sensors/bh1750-ambient-light-sensor> (дата звернення: 10.06.2025).
18. Датчик освітленості фоторезистор GL5516
URL:<https://robostore.com.ua/ua/moduli-i-datchiki/datchiki-osveshennosti/fotorezistor-gl5516/> (дата звернення: 10.06.2025).
19. GL55 Series Photoresistor Datasheet
URL:<https://robostore.com.ua/content/files/datasheet-gl5516-88719719.pdf> (дата звернення: 10.06.2025).
20. Модуль датчика світла URL:<https://www.mini-tech.com.ua/ua/modul-datchik-sveta-na-osnove-fotorezistora> (дата звернення: 10.06.2025).
21. ULN2001, ULN2002, ULN2003, ULN2004 datasheet
URL:<https://www.st.com/resource/en/datasheet/uln2001.pdf> (дата звернення: 10.06.2025).
22. ULN2003 Datasheet URL:<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/25575/STMICROELECTRONICS/ULN2003.html> (дата звернення: 10.06.2025).
23. 4 Phase ULN2003 Stepper Motor Driver PCB
URL:<https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/ULN2003A-PCB.pdf> (дата звернення: 10.06.2025).
24. The ULN2003 Driver Board Datasheet
URL:<https://www.hadex.cz/spec/m513.pdf> (дата звернення: 10.06.2025).
25. Darlington Transistors
URL:<https://www.farnell.com/datasheets/1662652.pdf> (дата звернення: 10.06.2025).
26. 28BYJ-48 – 5V Stepper Motor datasheet
URL:<https://www.mouser.com/datasheet/2/758/stepd-01-data-sheet-1143075.pdf> (дата звернення: 10.06.2025).

27. Rajguru Electronics Stepper Motor 5V 28BYJ-48 datasheet
URL:<https://www.rajguruelectronics.com/Product/1467/28BYJ-48%20-%205V%20Stepper%20Motor.pdf> (дата звернення: 10.06.2025).

28. Інструкція з охорони праці № 149 при лудінні і паянні
URL:<https://dnzkvpu.org.ua/news/10-23-37-05-09-2022-28833/> (дата звернення: 10.06.2025)

29. Правила охорони праці під час виробництва радіо- та електронної апаратури
URL:https://otipb.at.ua/load/pravila_okhoroni_praci_pid_chas_virobnictva_radio_ta_elektronnoji_aparaturi/2-1-0-4552 (дата звернення: 10.06.2025)

30. Інструкція з техніки безпеки під час роботи з електропаяльником
URL: <https://naurok.com.ua/instrukciya-z-tehniki-bezpeki-pid-chas-roboti-z-elektropayalnikom-194125.html> (дата звернення: 10.06.2025)

ДОДАТОК А
МУЛЬТИМЕДІЙНА ПРЕЗЕНТАЦІЯ

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему:
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРИВОДУ ЖАЛЮЗІ

Виконав: студент групи 4371

Онищенко О. В.

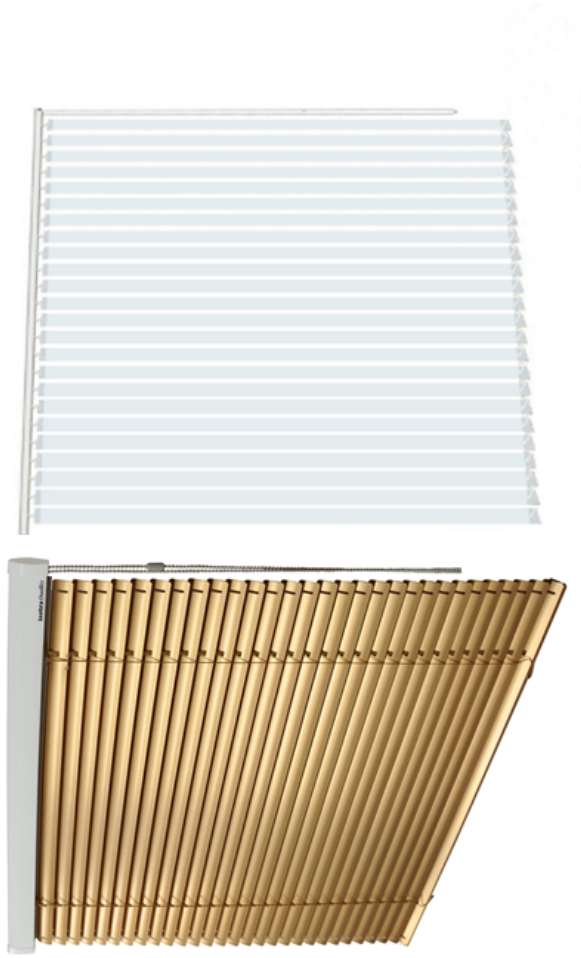
Керівник: к.т.н., асистент кафедри

Іванов А. В.

Миколаїв – 2025

Слайд 1 мультимедійної презентації

ІСНУЮЧІ РІШЕННЯ КЕРУВАННЯ ЖАЛЮЗІ

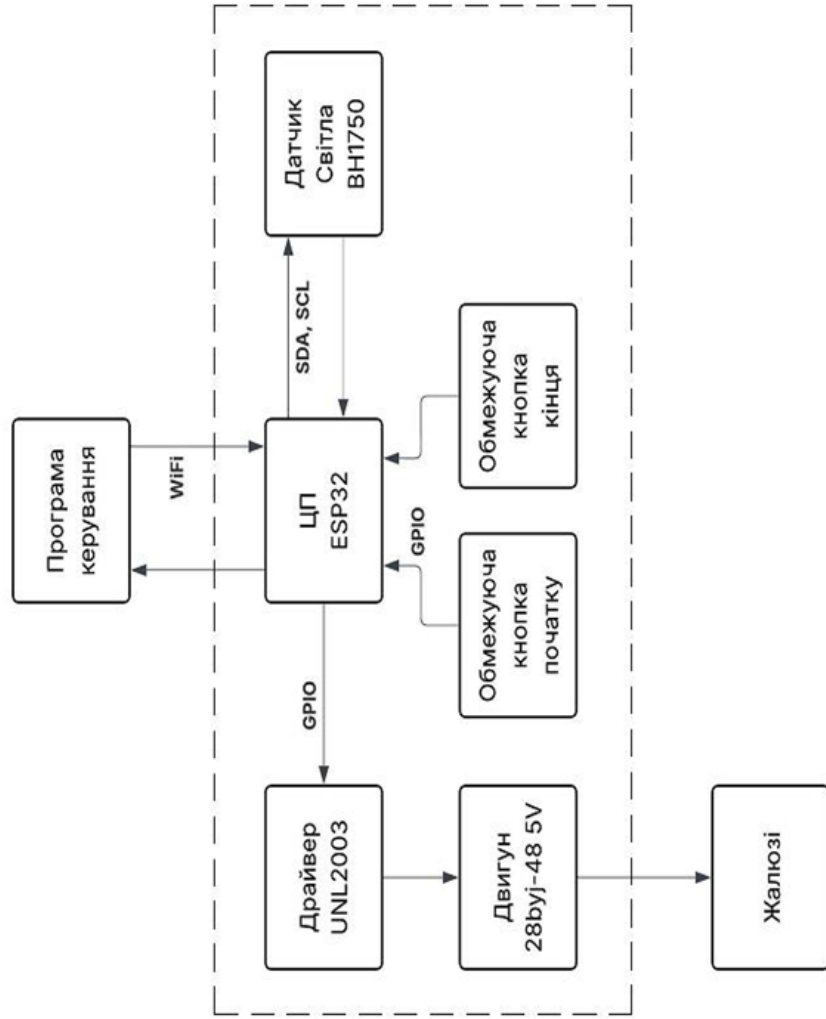


Ручні

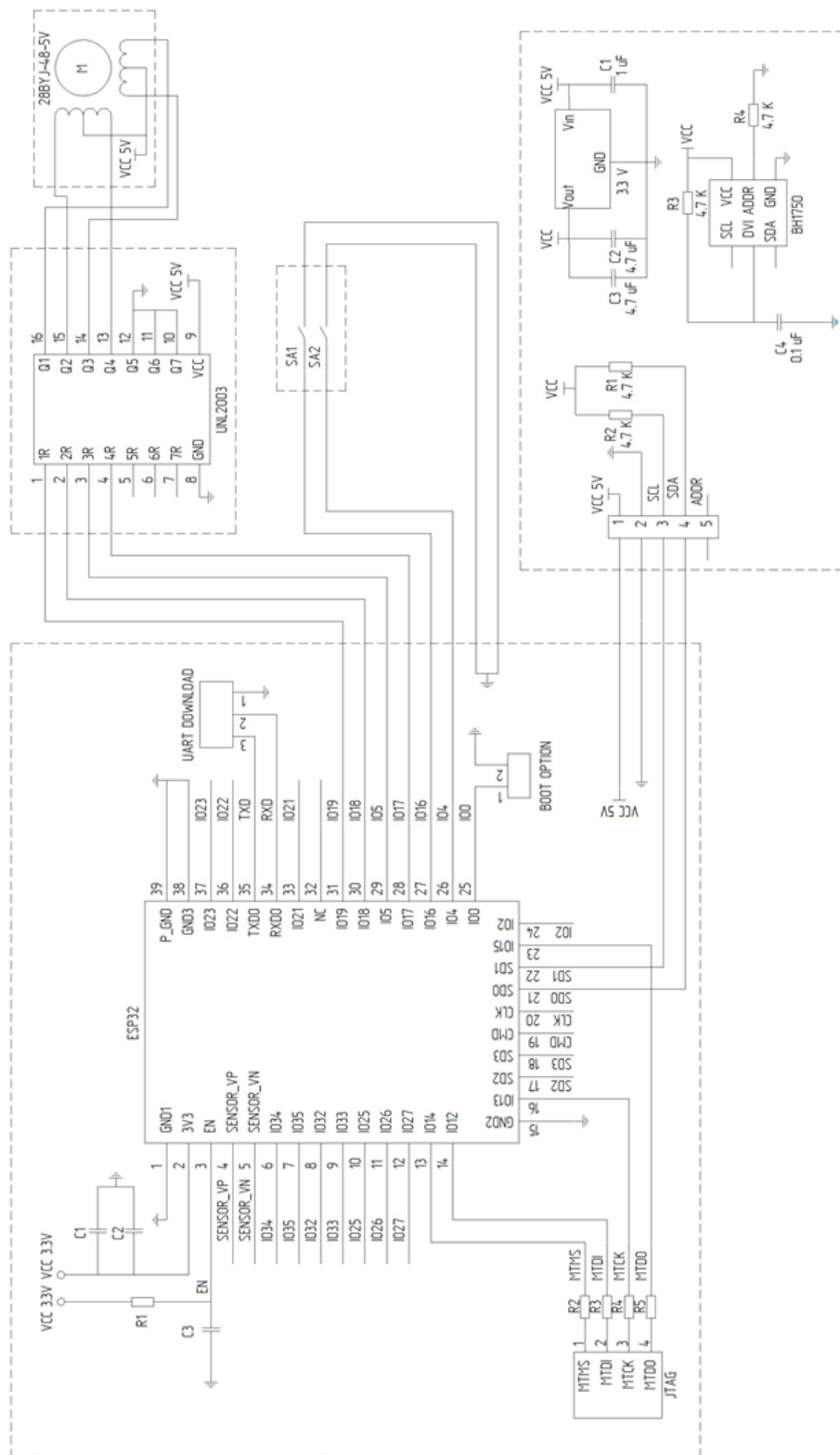


Автоматичні

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЖАЛЮЗІ

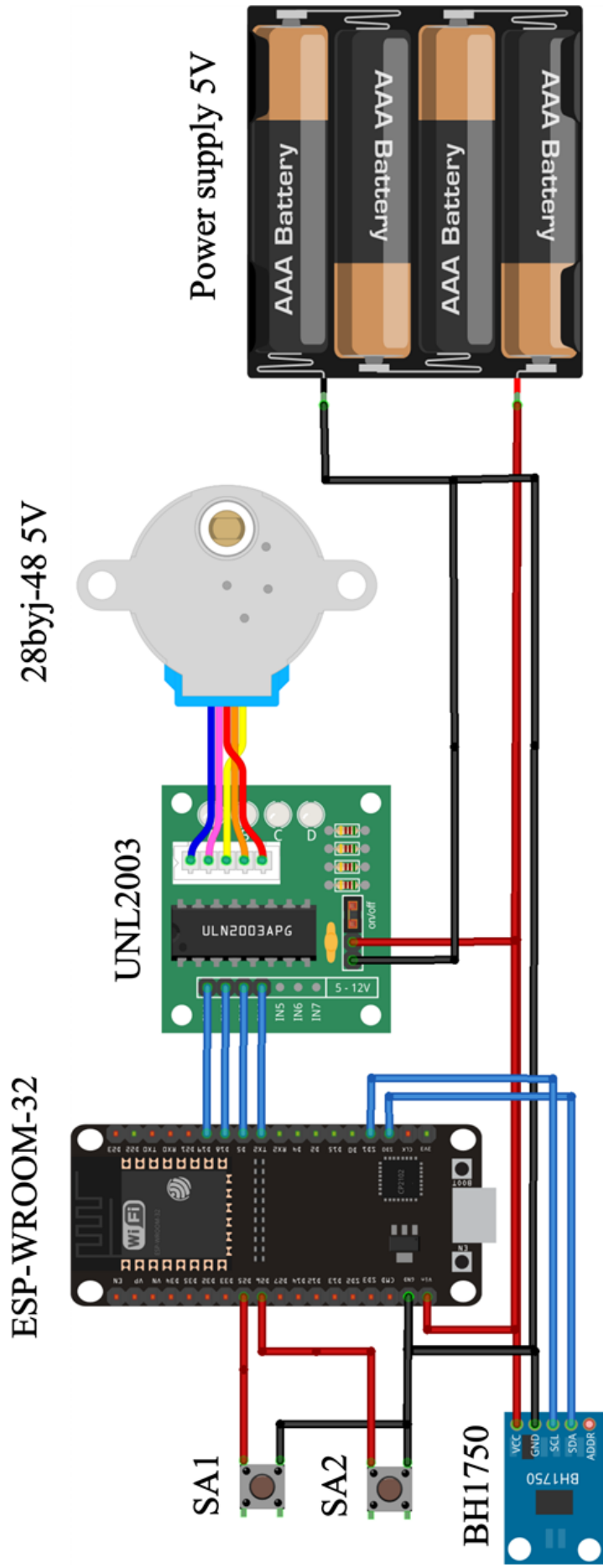


ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЖАЛЮЗІ

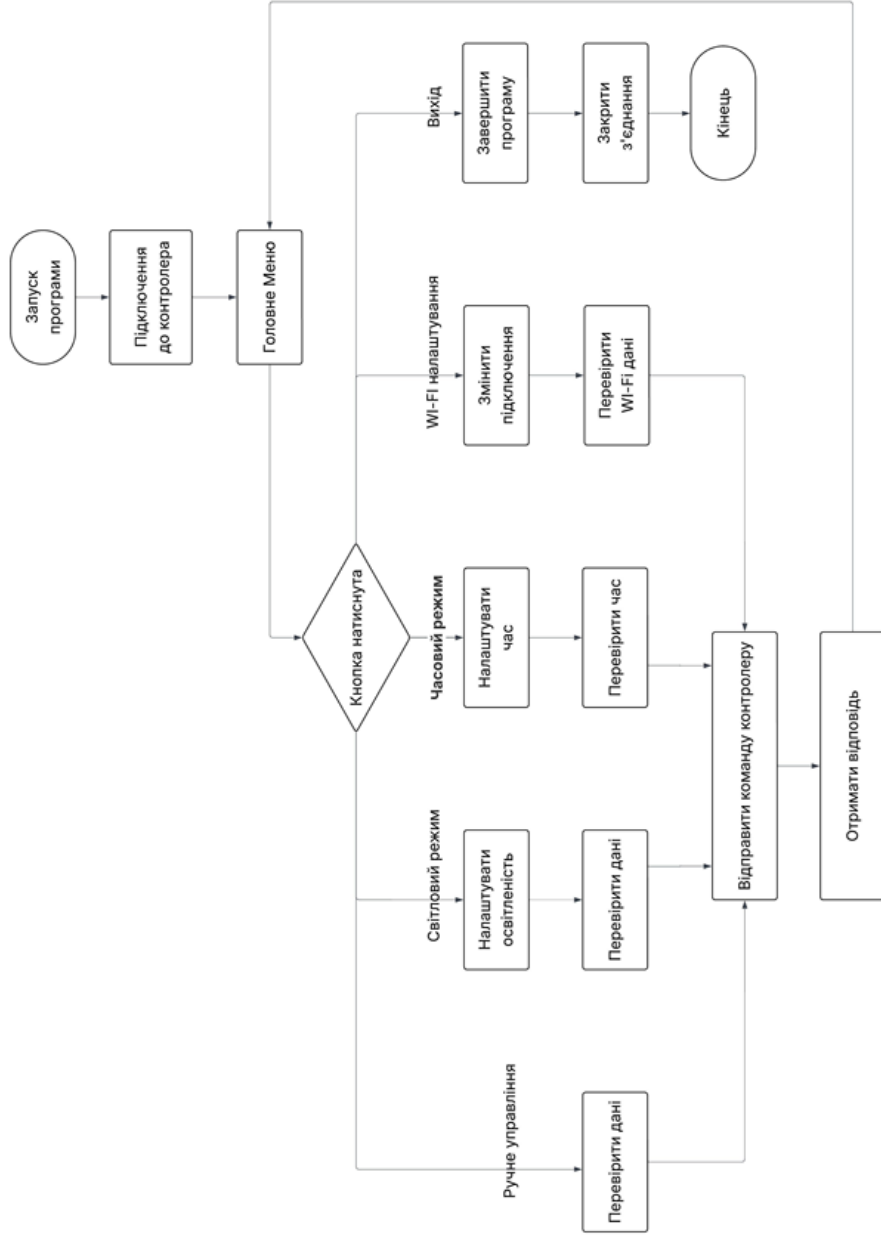


Слайд 4 мультимедійної презентації

СХЕМА ПІДКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

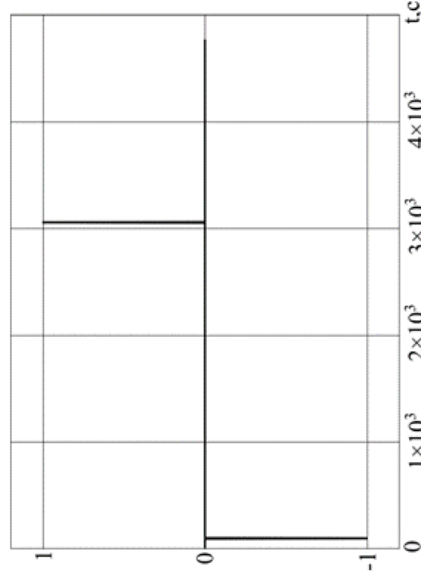


ОСНОВНИЙ АЛГОРИТМ ПРОГРАМИ КЕРУВАННЯ ЖАЛЮЗІ

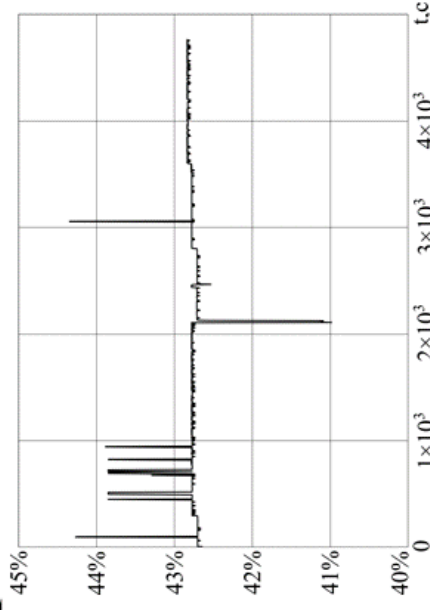


Слайд 7 мультимедійної презентації

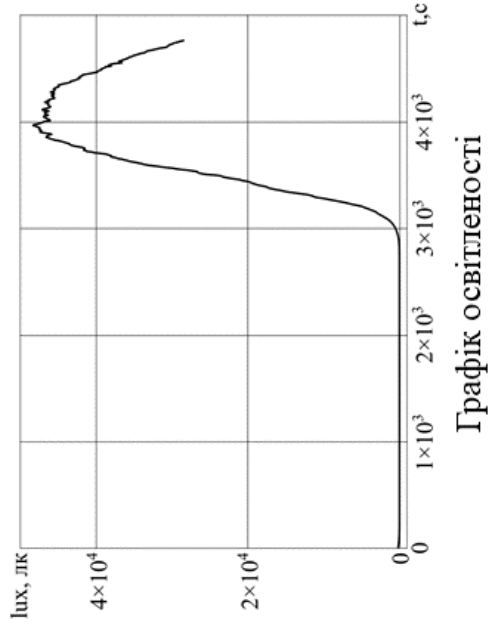
РЕЗУЛЬТАТИ ПРОГРАМУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЖАЛЮЗІ



Графік стану двигуна



Графік завантаженості RAM



Графік освітленості