

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем  
та програмного забезпечення  
(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота**

бакалавра

(рівень вищої освіти)

на тему

*Розробка бездротового пристрою  
керування*

Виконав: студент 5 курсу, групи EA-18-15g  
спеціальності 171 «Електроніка»

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Електроніка

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації \_\_\_\_\_

(код і назва спеціалізації)

*Бондаров Денис Георгійович*

(ініціали та прізвище)

Керівник \_\_\_\_\_

*к.т.н. доц. Шумак С.А.*

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

Рецензент \_\_\_\_\_

*Шершоб С.А.*

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

Запоріжжя  
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 171 «Електроніка»  
(код і назва)

Освітня програма Електроніка  
(код і назва)

Спеціалізація \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Критська Т.В.

“ 14 ” 02 2023 року

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Бончурову Денису Ігоровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Розробка структурного прикладу керування

керівник роботи к.т.н. доц. Шостік С.А.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом ЗНУ від “29” грудня 2022 року № 1894-с

2 Строк подання студентом роботи 20.05.23

3 Вихідні дані до роботи Навчальна програма 220В, навчальна програма SV курсу САЕ, тип зв'язку - ітерація

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз системи динамічного управління, Розробка системи управління, Розробка системи керування, Аналіз системи керування, Експериментальні розрахунки

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

*Схема електричного, схема електричного креслення,  
схема електричного розподільного щита, з'ясування  
економічних розрахунків, оформлення кресла*

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	<i>доц. Шмавії С.А.</i>	<i>15.02.23</i>	<i>23.02.23</i>
2	<i>доц. Шмавії С.А.</i>	<i>27.02.23</i>	<i>10.03.23</i>
3	<i>доц. Шмавії С.А.</i>	<i>11.03.23</i>	<i>14.04.23</i>
4	<i>доц. Шмавії С.А.</i>	<i>15.04.23</i>	<i>1.05.23</i>
5	<i>доц. Шмавії С.А.</i>	<i>2.05.23</i>	<i>18.05.23</i>

7 Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Формування техніки</i>	<i>10.03.23</i>	
2	<i>Розроблення техніки</i>	<i>14.04.23</i>	
3	<i>Економічний розрахунок</i>	<i>1.05.23</i>	
4	<i>Оформлення техніки та оформлення</i>	<i>18.05.23</i>	

Студент *Бондар* *В.І. Бондар*  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) *Шмавії* *Шмавії С.А.*  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *[підпис]* *Туринев К.О.*  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить: 79 стор., 20 рис., 12 табл., джерел літератури.

СИСТЕМА, НАПРУГА, СТРУМ, БУДИНОК, КОНТРОЛЕР, БЕЗДРОТОВИЙ ЗВ'ЯЗОК.

Мета роботи - розробка бездротового пристрою керування.

Задачі роботи - розробка схеми електричної принципової бездротового пристрою керування; розробка базового програмного коду для мікроконтролера; проведення аналітичного розрахунку джерела живлення; розробка друкованої плати пристрою.

Методи рішення задач - синтез схеми електричної принципової пристрою; трасування друкованої плати.

У дипломному проєкті проаналізовані питання розробки бездротового пристрою керування для загородного будинку. Розглянуті структурні схеми та основні конструкційні особливості джерел живлення та систем управління.

В рамках розробки пристрою були проаналізовані технологічні питання та обрано сучасну елементну базу по критеріям завдання.

## ЗМІСТ

Вступ	6
1 Аналіз систем дистанційного управління	8
1.1 Системи дистанційного управління	8
1.2 Аналіз мікроконтролерів для вирішення завдання управління	10
1.3 Аналіз можливостей чипу ESP8266EX	14
1.4 Аналіз датчиків та виконавчих пристроїв	17
1.4.1 Термодатчик.	17
1.4.2 Напівпровідникові термодатчики	20
1.4.3 Цифрові датчики	21
1.4.4 Термоелектричні термодатчики	22
1.5 Виконавчий механізм	23
1.6 Системи обігріву приміщень	24
2 Розробка системи управління	28
2.1 Вибір компонентів системи	28
2.2 Вибір основних комплектуючих системи	30
2.2.1 Реле модуль підключення до Arduino	33
2.3 Розробка програми системи	34
3 Розрахункова частина	38
3.1 Розрахунок випрямляча	38
3.1.1 Розрахунок випрямляча джерела живлення	38
3.1.2 Розрахунок параметрів вторинної обмотки трансформатора	39
3.2.2. Вибір індукції в стержні осердя і щільності струму у дротах обмоток трансформатора	40
3.6.3. Визначення поперечного перерізу стержня і ярма осердя трансформатора	41
3.6.5. Визначення перерізу і діаметра дроту обмотки	45
4 Конструкторсько-технологічна частина	49

4.1 Програмне забезпечення для систем автоматизованого проектування	49
4.2 Технологія виготовлення плати друкованої	50
4.3 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів	55
4.4 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів	57
4.5 Електробезпека	58
4.6 Пожежна безпека лабораторії	60
4.7 Розрахунок захисного заземлення	61
5 Економічне обґрунтування	68
5.1 Суми витрат по статтям кошторису	68
5.1.1 Зарплата розробників по етапам	68
5.1.2 Зарплата на виготовлення і випробування дослідного зразка	69
5.1.3 Накладні витрати	70
5.1.4 Матеріальні витрати на зразок	70
5.1.5 Собівартість дослідного зразка	71
5.1.6 Розрахунок кошторису витрат	71
5.1.7 Розрахунок заробітної плати	72
5.1.8 Розрахунок планованої собівартості одиниці	72
5.2 Розрахунок терміну окупності розробки	73
Висновки	75
Перелік використаних джерел	76
Додаток А	78
Додаток Б	79

## ВСТУП

Багато людей замислюються, як полегшити собі керування своїм комфортом. Наприкінці ХХ століття розробники технології Java вже пророкували появу систем, що дозволяють збільшити інтелект наших побутових приладів. Вони говорили, що наприклад холодильники зможуть відстежувати, і за потребою замовляти по мережі інтернет продукти, світло буде вмикатися самотужки, там, де це потрібно без додаткових дій людини, пральна машинка працює за закладеними програмами і залишається тільки закласти в неї речі і вибрати режим і багато іншого.

Зараз на ринку представлена велика кількість технологій, що дозволяють нам полегшити життя реалізуючи фантастику минулого.

Багато фірм надають можливість розробити систему управління вашим побутом вам, але переважно ці системи дуже дорогі. Потрібно купувати повністю всю систему.

У цій роботі буде розглянуто один із способів, як це зробити, на прикладі системи дистанційного керування побутовою технікою з використанням мережі Internet, для створення та підтримки комфортною температурою в будинку.

На ринку існують системи, що ґрунтуються на підтримці температури за рахунок водного опалення, які так само підтримують температуру приміщення, ґрунтуючись на датчиках температури, проте не у всіх є можливість встановити такі системи за рахунок відсутності водного опалення. Установка таких систем дуже дорога, труби псують зовнішній вигляд приміщень. Використання електричних нагрівачів виявляється значно вигіднішим при покупці комплектуючих до подібних систем.

Відмінності розробленої системи полягають у тому, що вона дозволяє використовувати вже наявні обігрівальні системи, а також дозволяють включити всі необхідні датчики. Так само головним відмінністю є те, що є можливість не тільки віддалено відслідковувати зміни показань поставлених датчиків, але так

само і керувати обладнанням дистанційно, за допомогою використання Інтернету.

Багато хто використовують дачні будинки не тільки в теплу пору року, проте в холодну пору, коли більшу частину тижня ми проводимо в місті і вибираємося за місто в основному на вихідні, відстежувати, щоб не замерзла система водопостачання, температура в будинку не опускалася нижче за певний рівень. Не загинули рослини дуже складно. Та й після дороги значно приємніше опинитися в теплому будинку, а не в приміщенні, температура якого слабо відрізняється від вуличної, а можливо й нижче.

Для того, щоб створити ті самі комфортні умови було поставлено завдання керування комфортною температурою будинку дистанційно. Адже дуже зручно, їдучи, виставити якусь планку, нижче за яку температура не повинна опускатися, що допоможе зберегти комфортність приміщення, а коли ви вирішили повернутися, можна виставити вже іншу, більш комфортну температуру. І все це дистанційно.

Також така система дозволить вам заощадити досить пристойну суму грошей. Адже не потрібно залишати постійно включеною систему обігріву. Якщо на вулиці стане тепліше, система сама відстежить це і при необхідності відключить обігрів приміщення, або якщо температура впала, а у вас немає можливості приїхати і подбати про свій будинок, система включить необхідне в цьому випадку опалення.

Таким чином розробка бездротового пристрою керування є актуальним завданням.



# 1 АНАЛІЗ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ

## 1.1 Системи дистанційного управління

Дистанційне керування електричними приладами є важливою темою, яка значно полегшує використання побутової техніки. Завдяки доступним компонентам можна створити систему, яка повністю відповідає вашим потребам. Така система дозволяє встановити датчики для відстеження багатьох різних параметрів. Її переваги полягають у простоті збірки та установки, а також в низькій вартості, що відрізняє її від аналогічних рішень. Можливість дистанційного керування дозволяє вам з будь-якого місця на планеті контролювати та налаштовувати ваше приміщення в оптимальний стан.

Дистанційне управління електричними приладами є актуальною проблемою в сучасному світі. Швидкий розвиток технологій та зростання автоматизації в домашньому середовищі призводять до збільшення потреби в зручному та ефективному способі керування побутовою технікою з віддаленого місця. Дистанційне управління надає користувачам можливість здійснювати контроль та керування різноманітними електричними приладами, такими як освітлення, опалення, кондиціонери, електроприлади та багато інших, незалежно від їх місця знаходження.

Однією з основних переваг такої системи є її доступність. З використанням недорогих комплектуючих можна створити власну систему, яка відповідатиме конкретним потребам користувача. Крім того, процес збирання та встановлення системи є досить простим і зрозумілим навіть для осіб без спеціальних знань.

Низька вартість компонентів і матеріалів, необхідних для дистанційного управління, робить цю систему вигідною з економічної точки зору. Користувачам не потрібно витратити великі кошти на придбання складних та дорогих пристроїв [1].

Завдяки датчикам, встановленим у системі, можна відстежувати різноманітні параметри, такі як температура, вологість повітря, освітлення та інші. Це дозволяє забезпечувати оптимальні умови у приміщенні навіть віддалено. Наприклад, ви можете налаштувати систему таким чином, щоб опалення або кондиціонер автоматично вмикалися або вимикалися в залежності від температури в приміщенні.

Дистанційне управління дозволяє забезпечити зручність та комфорт для користувача. Незалежно від того, де ви знаходитесь, ви зможете контролювати свої прилади та налаштовувати їх режими роботи. Наприклад, ви можете управляти освітленням у своєму будинку, вмикаючи його перед своїм поверненням, щоб створити затишну атмосферу. Чи ви можете віддалено управляти роботою пральної машини або посудомийної машини, запускаючи їх у зручний для вас час.

Окрім зручності, дистанційне управління також сприяє енергоефективності. Ви можете ефективно керувати енергоспоживанням приладів, вмикаючи їх лише тоді, коли це необхідно, або встановлюючи режими економії енергії.

У підсумку, дистанційне управління електричними приладами відкриває широкі можливості для зручного, ефективного управління.

Система самостійно відстежує показники та автоматично підтримує необхідні значення навіть без участі користувача. Ви можете користуватися системою з будь-якого пристрою, що має доступ до Інтернету.

Система складається з доступних матеріалів, що значно знижує витрати. Ви можете використовувати вже наявне обладнання для обігріву або, за бажанням, вибрати необхідне обладнання, яке підходить для приміщення, де встановлюється система.

Крім того, система має ряд переваг. Вона забезпечує зручність та комфорт, оскільки може автоматично контролювати та налаштовувати параметри відповідно до ваших потреб. Наприклад, система може регулювати

температуру, освітлення або вологість повітря в приміщенні залежно від ваших налаштувань.

Будь-який користувач може отримати доступ до системи та керувати нею зручним для нього способом. Ви можете вимкнути або ввімкнути прилади, налаштувати режими роботи або отримувати інформацію про стан системи, навіть не перебуваючи у приміщенні.

Така система дистанційного управління електричними приладами є надійним та ефективним рішенням для побутового використання. Вона не тільки забезпечує зручність та економію ресурсів, але й покращує комфорт та енергоефективність вашого приміщення.

## 1.2 Аналіз мікроконтролерів для вирішення завдання управління

Аналіз мікроконтролерів для вирішення завдання управління електричними приладами є важливим кроком при розробці системи дистанційного управління. Мікроконтролери відіграють ключову роль у керуванні та контролі електричними пристроями з віддаленого місця.

Перш за все, при аналізі мікроконтролерів важливо враховувати їх характеристики та можливості. Необхідно оцінити їх обчислювальну потужність, кількість входів/виходів, можливості зв'язку (наприклад, підтримка Wi-Fi або Bluetooth), наявність аналогових та цифрових портів, а також пам'ять для зберігання програмного забезпечення та даних.

Також важливим фактором є наявність відповідних інтерфейсів та протоколів зв'язку. Наприклад, якщо вам потрібно керувати пристроями через Інтернет, важливо, щоб мікроконтролер підтримував відповідні мережеві протоколи, такі як TCP/IP або MQTT.

Також слід розглянути екосистему, пов'язану з мікроконтролерами. Чи є наявність відкритих документацій, прикладних програм (frameworks) та підтри-

мки спільноти розробників. Це може значно спростити процес розробки та пошуку відповідних рішень.

Крім того, важливо врахувати вартість мікроконтролера та доступність на ринку. Якість-ціна співвідношення грає важливу роль при виборі оптимального рішення.

Одним з найпопулярніших рішень є використання платформи Arduino.

Arduino – це друкована плата з мікроконтролером та платою розширення. Має відкриту архітектуру. Мають стабілізатор живлення, ланцюжок скидання, резонатор. У них можна легко додати нові елементи, таким чином розширити їх функціонал. Використовується для створення різних систем. До такої плати можна підключити багато різних датчиків, пристроїв для виконання завдань. У середині плати Arduino вшитий спеціальний завантажувач, однак є роз'єм, за допомогою якого можна запрограмувати схему вручну. Так само деякі плати встановлені й інші інтерфейси.

Запрограмувати таку плату можна за допомогою власної оболонки, яку можна завантажити безкоштовно з офіційного сайту Arduino. У ній закладено повний, необхідний функціонал. За допомогою неї можна написати програму, відкомпілювати її, а також завантажити в контролер Arduino.

Мова для програмування Arduino заснована на C/C++, а так само скомпонована з бібліотекою AVR Libc. Він досить простий для вивчення та дозволяє легко написати необхідний код для керування системою.

Arduino можна назвати електронним конструктором, адже за допомогою неї проектуються електронні пристрої. До неї можна підключити багато різних датчиків, а значить відстежувати безліч параметрів, використовуючи одну маленьку плату.

На ринку представлено безліч різних систем Arduino і потрібно зрозуміти, яка система потрібна для вирішення того чи іншого завдання.

Сама плата Arduino складається з мікроконтролерів або Atmega328, або Atmega168, а також елементарної обв'язки для програмування та інтеграції її з

іншими схемами. Також на платі обов'язково є стабілізатор напруги 5В і кварцовий резонатор, який задає тактову частоту мікроконтролера. Запитується такий мікроконтролер за допомогою блока живлення, акумулятора або ж від звичайного персонального комп'ютера. Arduino має цифрові порти, що працюють на звичайних логічних 0 і 1, так і аналогові, які дозволяють приймати і передавати значення напруги з точністю до 5 мВ [1].

Безліч бібліотек дозволяють керувати практично будь-якими системами.



Рисунок 1.1 - Плата розробки UNO WIFI ESP8266 8Мб

Для керування системою необхідно написати програму, яка керуватиме необхідним обладнанням. Зручність цієї системи у тому, що з підключення необхідного устаткування потрібно сильно змінювати систему. Підключення необхідних датчиків та введення їх у програму відбувається дуже легко.

Величезна кількість датчиків, вже представлених на ринку дозволяє відслідковувати практично будь-які показники, будь то рівень наявності газу в приміщенні, вологість, а значить, чи є протікання води, і багато іншого. Система так само дозволяє включити запірний механізм, у разі непередбаченого витоку. Для цього потрібно просто включити його в схему та прописати потрібний код для його керування. Модуль Arduino дозволяє розширити кількість входів, а значить можна підключити велику кількість засобів відстеження та керування необхідними ресурсами.

Існують різні мікроконтролери Arduino. Наведемо деякі з них:

- Serial Arduino, що програмується за допомогою послідовного з'єднання (для цього служить роз'єм DB-9), використовується ATmega8.
- Arduino Extreme, з інтерфейсом USB, призначеним для програмування, використовується ATmega8.
- Arduino Mini, мініатюрна версія Arduino, яка використовує поверхневий монтаж ATmega328. На ній немає конвертера USB-UART.
- Arduino Nano 3.0, менше, ніж Arduino Mini, використовує живлення за допомогою USB та поверхневий монтаж ATmega328.
- Arduino Diecimila, використовує USB-інтерфейс та Atmega168 у DIP28 корпусі.
- Arduino Mega виконано на основі ATmega1280.
- Arduino Mega2560 R3 виконано на основі ATmega2560. Використовує конвертер USB-UART на базі ATmega16U2.
- Arduino Uno R3 (2011), виготовлений на основі ATmega328. Використовує конвертер USB-UART на базі ATmega16U2.
- Arduino Mega ADK for Android виконан на основі ATmega2560. Содержит USB-хост для соединення с телефонами на базе ОС Android (м/с MAX3421e) и конвертер USB-UART на базе ATmega8U2.
- RobotDyn UNO WIFI – це плата, яка включає в себе функціонал UNO R3 ATmega 328 і модуль Wi-Fi ESP8266 з пам'яттю 8 Мб. Компоненти мо-

жуть працювати разом або кожен окремо. Це надзвичайно зручне рішення для розробки нових проектів, які потребують UNO і WiFi-модулів одночасно. Через USB-порт можна легко оновлювати прошивку для ATmega328 та ESP8266. Також з цією метою на платі є USB-UART конвертер CH340G.

Серед модулів та плат Arduino також є такі, які підтримують бездротовий та дротовий зв'язок. Але як було вказано раніше, це не єдина платформа. Для побудови пристроїв також дуже популярний чип та модулі на його основі, а саме ESP8266.

### 1.3 Аналіз можливостей чипу ESP8266EX

Чип ESP8266EX компанії Espressif - високо-інтегроване Wi-Fi SoC рішення, що задовольняє запити індустрії Інтернету речей у низькому енергоспоживанні, компактності та надійності з режимами 802.11 b/g/n/d/e/i/k/r.

Маючи повноцінний Wi-Fi та мережевий стек, чип ESP8266EX може як виконувати програми самостійно, так і працювати під керуванням зовнішнього мікроконтролера. Працюючи самостійно, ESP8266EX виконує програму, завантажуючи її із зовнішньої флеш-пам'яті. Вбудований високошвидкісний кеш підвищує продуктивність системи та дозволяє ефективно використовувати оперативну пам'ять. Працюючи під керуванням зовнішнього мікроконтролера, ESP8266EX може виступати у ролі Wi-Fi адаптера, передаючи дані через SPI, SDIO, I2C чи UART інтерфейси.

ESP8266EX містить антенний перемикач, узгоджувач трансформатор, підсилювач потужності, малошумливий підсилювач, фільтри, модулі керування живленням. Компактна конструкція та високий ступінь інтеграції дозволяють мінімізувати розмір друкованої плати та кількість зовнішніх компонентів.

ESP8266EX містить розширену версію 32-бітного процесора Lx106 фірми Tensilica серії Diamond та вбудовану оперативну пам'ять (SRAM). Він може бути з'єднаний із зовнішніми датчиками та іншими пристроями через інтерфейси

введення/виведення загального призначення (GPIO). Пакет програм для розробки програм (SDK) містить зразки програм для різноманітних застосувань.

Smart Connectivity Platform (ESCP) компанії Espressif Systems забезпечує складні функції, включаючи швидкий перехід між режимом сну та режимом пробудження для цілей енергоефективності, адаптивне підстроювання радіо тракту для роботи з низьким енергоспоживанням, удосконалену обробку сигналу, придушення паразитних сигналів та механізм радіопередачі для стільникового зв'язку, Bluetooth, DDR, LVDS, пом'якшення LCD перешкод.

Існує безліч модифікацій плат, які називаються зазвичай від ESP-01 до ESP-12. Сьогодні вже з'явилися ще інші назви плат від сторонніх розробників. Відмінності в платах полягає в основному в портах вводу-виводу, кількості флеш-пам'яті, виду конекторів і т.п. Процесор - той самий, отже з погляду програмування немає значення яку плату програмувати.

Специфікація ESP8266:

- Напруга живлення: 3,3 В
- Енергоспоживання: 10 мкА ... 170 мА
- Флеш-пам'ять: до 16 мб максимум (зазвичай 512 кб)
- Процесор: Tensilica L106, 32 біта
- Швидкість процесора: 80...160 МГц
- ОЗП: 32 кб + 80 кб
- Порти введення-виведення загального призначення: 17 (мультиплексовані з іншими функціями)
- Максимальна кількість підключень TCP: 5

На рис. 1.2 представлена функціональна схема ESP8266EX.

ESP8266EX має 17 виводів GPIO, які можуть бути призначені для різних функцій шляхом програмування відповідних регістрів [2].

Кожен GPIO є двоспрямованим та неінвертованим, має внутрішні підтяжки на напругу живлення або на землю, і може бути переведений у стан з високим імпедансом. Коли GPIO налаштовано як вхід, вхідні значення можуть бу-



ти прочитані з реєстрів. Вхід також може бути використаний як джерело переривань за рівнем або перепадом напруги.

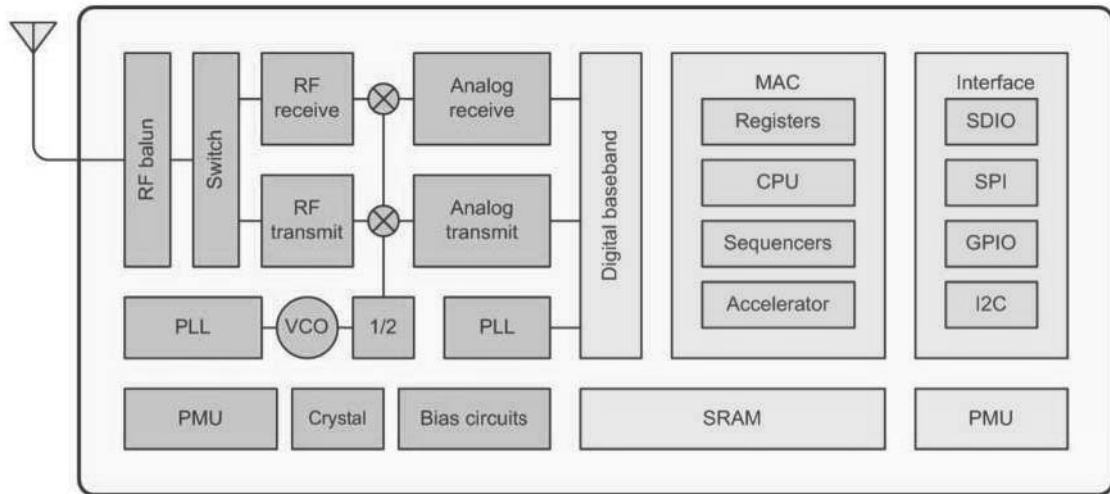


Рисунок 1.2 - Функціональна схема ESP8266EX

Ці виводи можуть бути поєднані з іншими функціями, такими як I2C, I2S, UART, PWM, IR тощо.

Для роботи в режимі енергозбереження виводи GPIO можуть підтримувати стан. Наприклад, коли чіп вимкнено, всі виходи можуть бути вимкнені.

Додаткова функція утримання за потреби може бути вбудована у ІО. Коли ІО не управляється внутрішньою або зовнішньою схемою, функція утримання може бути використана для збереження останнього використаного стану. Функція утримання дає деяку позитивну зворотний зв'язок контактний майданчик. У зв'язку з цим, зовнішня схема управляюча контактом, повинна подавати струм більший, ніж струм зворотного зв'язку. Необхідна сила струму невелика - близько 5 мкА.

Таким чином, модуль є закінченим функціональним пристроєм, який здатний використовувати технології хмарних обчислень на основі підключення до мереж Wi-Fi.

Але враховуючи, що дане рішення має обмежену кількість портів для нашого проекту було обрано плату RobotDyn UNO WIFI.

## 1.4 Аналіз датчиків та виконавчих пристроїв

### 1.4.1 Термодатчик.

Термодатчики служать визначення температур у необхідній зоні.

Існують кілька типів термодатчиків:

- Терморезистивні термодатчики.
- Напівпровідникові термодатчики.
- Термоелектричні термодатчики.
- Пірометри.
- Акустичні термодатчики.
- П'єзоелектричні термодатчики.

Терморезистивні термодатчики.

Використовують принцип зміни електричного опору при зміні температури. Основним елементом у таких термодатчиках служить терморезистор, який змінює свій опір при зміні температури середовища, в якому він розташований.

Такі датчики прості у застосуванні, високочутливі та стабільні в роботі. Діапазони вимірів різні.

Терморезистивні датчики поділяються на:

а) Резистивні детектори температури (РТД).

Резистивні детектори температури складаються з металу. При зміні температури метал змінює свій опір. При зростанні температури збільшується амплітуда коливань кристалічних ґрат, отже, електронам складніше пройти крізь неї, що веде до підвищення опору. І навпаки, при зменшенні температури опір падає.

Теоретично, будь-який метал може бути використаний для РТД, але для досягнення більш точних даних, метал повинен мати наступні характеристики:

- Мати стійкість до корозії.
- Мати лінійну характеристику залежності опору від температури.
- Мати високу точку плавлення.

- Бути міцним.

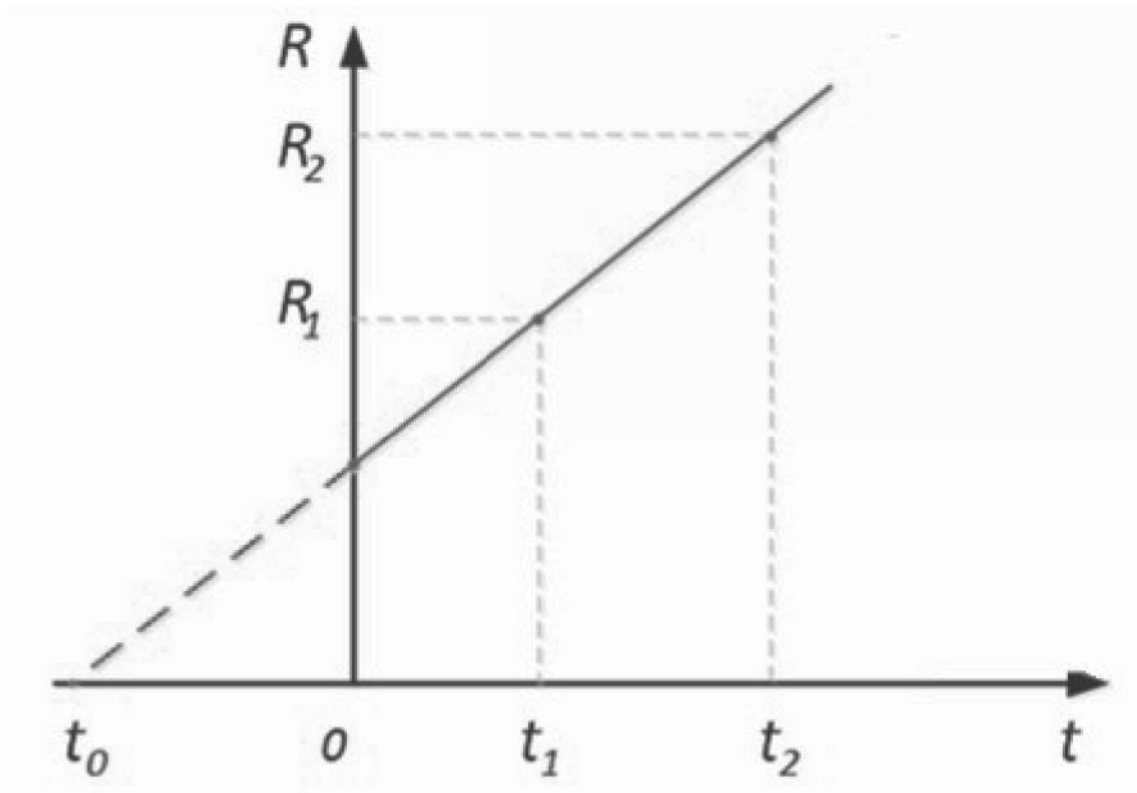


Рисунок 1.3 - Зміна опір металу від температури в РТД

Найчастіше в таких датчиках використовується платина, яка має високу міцність, або вольфрам, який використовується для датчиків з можливістю вимірювання температури вище  $600^{\circ}\text{C}$ .

Однак такі датчики мають дуже високу вартість.

#### б) Кремнієві резистивні термодатчики (КРТ)

З назви, засновані на кристалах кремнію, з одного боку покритого металом, з другого боку в нього контактна площадка. Вони також працюють на різниці опору. При досягненні високих температур вони стають чутливими до напрямку струму. Для рятування від цього з'єднують два датчики, у яких чутливі елементи включаються послідовно. Ці датчики переважно використовуються в автопромисловості. Чутливість таких датчиків близько  $0,7\%/^{\circ}$ .

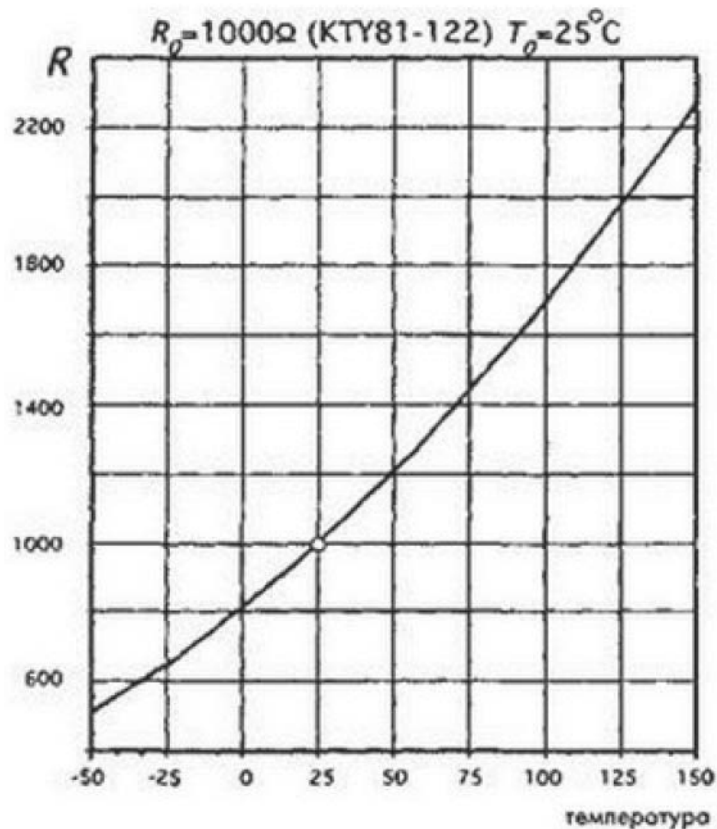


Рисунок 1.4 - Зміна опору кремнієвого датчика від температури

в) Термістори – це детектори у формі краплі, стрижня, циліндра, прямокутної пластини або товстої плівки. Виготовляються такі датчики із метал-оксидних сполук. Вимірюють вони температуру за абсолютною шкалою. Їх поділяють на термістори з негативним температурним коефіцієнтом (ТОТК) та термістори з позитивним температурним коефіцієнтом (ТПТК). У ТОТК у разі підвищення температури падає опір. Недоліком таких термодатчиків є те, що для отримання правдивих результатів потрібне калібрування. У процесі калібрування вимірюють опір датчика серед з достовірно відомою температурою. Також на результат вимірювання за допомогою термістора впливає його самостійне нагрівання, а значить постійне включення таких датчиків призводить до помилкових результатів [3].

#### 1.4.2 Напівпровідникові термодатчики

Мають діапазони вимірювання від  $-55$  до  $+150^{\circ}\text{C}$ . Принцип роботи такого датчика – залежність падіння напруги за зміни температури на р-п переходах. Залежність практично лінійна. Чутливим елементом є діод або транзистор, який включають за схемою діода. Через чутливий елемент повинен йти стабільний струм, на виході відбувається падіння напруги.

У разі підвищення температури датчик реєструє зменшення температури. Це відбувається тому, що вони мають так званій ТКН, або температурний коефіцієнт напруги. Він приблизно дорівнює  $-2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ . [3]

Такі датчики можна використовувати як термостат, що означає, що можна запрограмувати їх на увімкнення пристроїв. При зниженні температури нижче, або вище запрограмованої, включається пристрій.

При необхідності вимірювати температуру більшу, ніж здатний відчувати напівпровідниковий датчик, потрібне використання інших датчиків, наприклад термопари.

Аналогові напівпровідникові термодатчики використовують падіння напруги на р-п переході. У таких датчиках використовуються два чутливі елементи. Вихідним сигналом є різниця падіння напруги на них.

Аналогові напівпровідникові термодатчики включаються за схемою діода. Вони мають три виходи, проте третій використовують при калібруванні. На виході такого термодатчика з'являється сигнал, який дорівнює напрузі, пропорційній температурі.

Таблиця 1 - Діапазони температур та точність вимірювання деяких напівпровідникових термодатчиків

Датчик	Діапазони температур	Точність измерений
LM 35	От - $55^{\circ}\text{C}$ до $+150^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$
LM 75 А	От - $55^{\circ}\text{C}$ до $+150^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$
LM 135	От - $50^{\circ}\text{C}$ до $+150^{\circ}\text{C}$	$\pm 1,5^{\circ}\text{C}$
LM 335	От - $40^{\circ}\text{C}$ до $+100^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$
TMP 37	От - $40^{\circ}\text{C}$ до $+125^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$
ТС 1047	От - $40^{\circ}\text{C}$ до $+125^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$



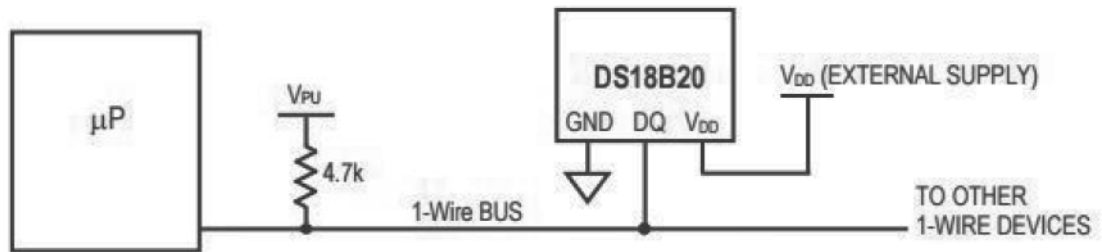


Рисунок 1.7 - Живлення пристрою 1-Wire від зовнішнього джерела

Кількість підключених паралельно датчиків фактично обмежена лише параметрами лінії.

#### 1.4.4 Термоелектричні термодатчики

Також називають термопарами. Діють за допомогою термоелектричного ефекту.

Термоелектричний ефект, або ефект Пельтьє, з'являється, коли два різні матеріали пропускають через себе постійний електричний струм. У цьому випадку один із них нагрівається, а другий охолоджується.

Він складається з двох напівпровідників *n* та *m*, які з'єднані в контур. За контуром проходить постійний струм. Температура холодного спаю зменшується, а температура гарячого збільшується. Знижується температура, за рахунок того, що при впливі електричного поля, електрони, що рухаються по гілках елемента, переходять у стан з енергією вище, ніж у стані спокою.

Підвищується енергія завдяки кінетичній енергії атомів гілок у місці їхнього дотику, тому спай охолоджується. Однак коли відбувається перехід із зниженням рівня енергія електронів передається атомам, що нагріває елемент. Це означає, що температура вимірюється за рахунок різниці температури елементів. Діапазон вимірювання таких термодатчиків від -200 до +220 °C. Діапазон залежить від використовуваних матеріалів.

Також можна використовувати пірометр. Пірометр – це безконтактний

датчик, що вимірює температуру завдяки тепловому випромінюванню тіл. Одним з таких датчиків є MLX90614.



Рисунок 1.8 — Датчик MLX90614

### 1.5 Виконавчий механізм

В якості виконавчого механізму будемо використовувати реле. Для керування живленням у розетці в схему потрібно підключити реле, яке розриватиме або з'єднуватиме схему на вимогу системи.

Електромагнітне реле – це якийсь електронний ключ, який або розмикає або замикає електричний ланцюг. При подачі електричного струму на контакти реле з'являється магнітне поле, яке переміщає феромагнітний яркір реле і замикає або розмикає ланцюг. Існують кілька видів реле, які реагують зміну величин. Це можуть бути теплові реле, які замикаються, або розмикаються у разі зміни температури, акустичні реле, що реагують на рівень звукового тиску, реле часу, що змінюють свій стан при певних проміжках часу, фотореле, які реагують на зміну рівня освітленості та інші.

Електромагнітне реле являє собою парамагнітний сердечник, який позначений як С, на який намотується котушка L. З якорем Я зв'язуються електричні контакти К. Коли на котушку подається напруга з'являється магнітне поле,



яке змінює положення контактів, відповідно або замикаючи, або розмикаючи електричну схему.

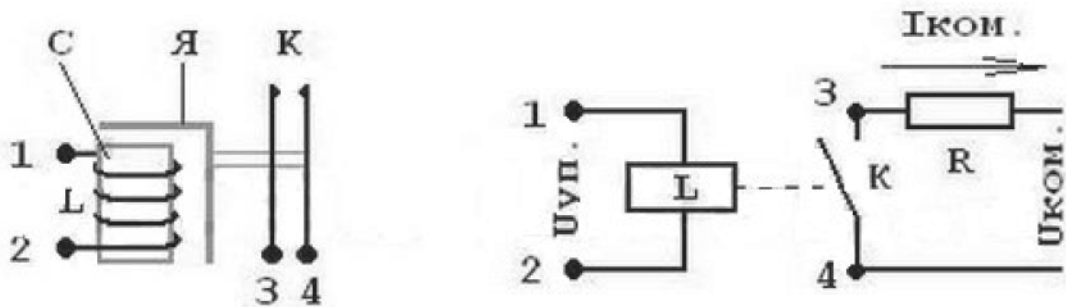


Рисунок 1.9 - Принцип роботи реле

Принцип дії електромагнітного реле – використання електромагнітних сил, що виникають у металевому сердечнику, коли струм проходить витками його котушки. Над сердечником знаходиться якір як пластини з контактами, навпроти яких знаходяться нерухомі контакти, з якими замикається ланцюг.

У початковому положенні цей якір знаходиться під дією пружини, а коли подається напруга, керуючий сигнал змушує сердечник притягувати якір, тим самим замикаючи або розмикаючи контакти.

Контакти на реле бувають 3-х типів:

- Реле із нормально відкритими контактами.
- Реле із нормально закритими контактами.
- Реле з перекидним контактом.

Якщо реле замикаючого типу, це означає, що у разі відсутності напруги на реле контакти розімкнуті, а при появі напруги на ньому замикаються.

Якщо реле типу, що розмикає, то при вступі на реле напруги контакти розмикаються, а при відсутності напруги контакти замкнуті.

## 1.6 Системи обігріву приміщень

Температура у будинку – це важливий елемент комфорту. Якщо температура опуститься нижче нуля, це може призвести до таких серйозних

наслідків, як труби водопостачання, що лопнули, що призведе до дорогого ремонту.

Якщо залишити будинок без опалення на зимовий сезон, потрібно зливати воду з водопроводу, проте якщо з'являється бажання повернутися, не вдасться використати його до теплого сезону. Тому потрібна підтримка температури водопроводу вище за відмітку  $0^{\circ}\text{C}$ . Для цього достатньо тримати температуру всередині будинку на рівні  $5^{\circ}\text{C}$ ,

Комфортна температура – це температура в якомусь замкнутому просторі, який використовують люди. Комфортною вважається температура в діапазоні від  $15^{\circ}\text{C}$  до  $25^{\circ}\text{C}$ .

Для опалення використовують різні системи. Це може бути котел, який нагріває воду і пускає її по трубах, опалюючи необхідні приміщення, або нагрівальні елементи, які можуть опалювати повітря в приміщення, в якому вони розташовані.

Існує безліч видів обігрівальних систем. Одні з них нагрівають приміщення за рахунок олії, що нагрівається в них, інші мають відкритий нагрівальний елемент, який обігріває приміщення за рахунок природної, або ж примусової конвенції повітря. Є інфрачервоні обігрівачі, які відрізняються від інших за рахунок того, що воно віддає тепло від нагрітої поверхні. Існують газові нагрівачі, або кварцові. Кожен з них має як плюси, так і мінуси.

Масляний обігрівачі можуть забезпечити прогрівання повітря в досить великому приміщенні завдяки тому, що олія має велику теплопровідність, проте сам нагрівач, нагрівається не більше  $60^{\circ}\text{C}$ , що дозволяє в достатній мірі уникнути травмонебезпеки. Працюють такі обігрівачі практично безшумно, лише на початку їх роботи можна почути потріскування, яке означає, що масло розігрівається. Так само вони є мабуть найбільш пожежобезпечними.

Недоліком таких обігрівачів є те, що він розігрівається досить повільно, відповідно швидко нагріти повітря в приміщенні він не може. Також він досить сильно прибирає вологість, що призводить до сухості повітря і впливає на погі-

ршення стану навколишніх речей, а також несприятливо впливає на здоров'я. Однак зараз на ринку існують моделі таких обігрівачів, оснащені іонізатором повітря, що бореться з негативними наслідками на здоров'я.



Рисунок 1.10 - Масляний обігрівач

Конверторний обігрівач має відкритий нагрівальний елемент, який виділяє теплові хвилі за допомогою природної або примусової вентиляції повітря крізь нього. Нагрівають приміщення дуже швидко а споживання енергії досить мало, проте вони мають високу пожежну небезпеку, а значить в умовах, коли потрібно залишити будинок без нагляду їх не залишиш включеними.

Тепловентилятори мають порівняно малу ціну своєї потужності. Гаряче повітря, завдяки вентилятору, що знаходиться всередині, швидко поширюється, що дозволяє швидко нагріти приміщення.



Рисунок 1.11 - Конверторний обігрівач

Однак вони мають відкритий нагрівальний елемент, що веде до великої вогнебезпеки. Також наявний вентилятор створює досить великий рівень шуму, що не веде до зручностей.

Інфрачервоний обігрівач дозволяє прогріти підлогу, стіни, а також меблі за рахунок того, що вони не прогривають повітря, а віддають йому тепло. Такі обігрівачі споживають малу кількість енергії, що дозволяє їм бути високо-економічними. Інфрачервоні обігрівачі пожежобезпечні.



Рисунок 1.12 - Інфрачервоний обігрівач

Вибір обігрівача, що підходить до системи – це вибір кожного. Усі вони сумісні із системою.

## 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

### 2.1 Вибір компонентів системи

Відповідно до технічного завдання було обрано такі компоненти:

- RobotDyn UNO WIFI.
- Arduino Relay module.
- Термодатчик DS18B20.
- Розетка.
- Резистори номіналом 4К7.

За допомогою них була розроблена система, яка задовольняє технічному завданню.

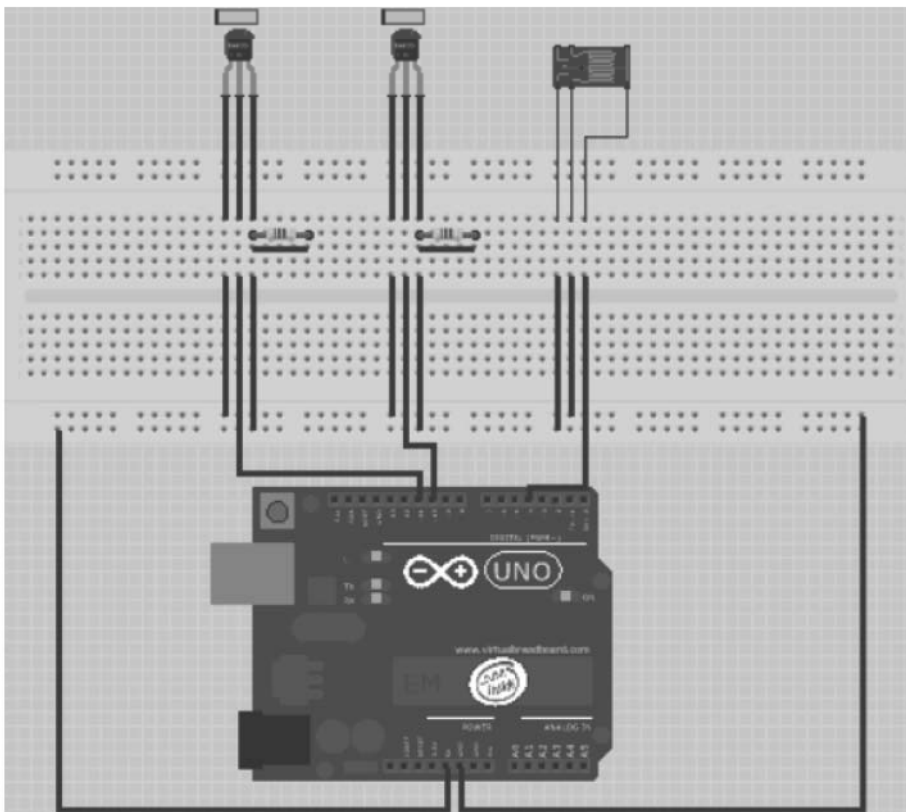


Рисунок 2.1 — Макетна схема пристрою



## 2.2 Вибір основних комплектуючих системи

RobotDyn UNO WIFI має 14 цифрових виходів, а також 6 аналогових. На контролері є кварцовий генератор на 16 МГц, роз'єм для живлення ICSP, USB-роз'єм для з'єднання контролера з комп'ютером, кнопка перезавантаження системи.

Робоча напруга на платі ATmega328 дорівнює 5В та ESP8266 3.3В.

Гранична вхідна напруга 6-20 V.

Вхідна напруга, що рекомендується, 7 V – 12 V.

Постійний струм 40 mA.

Внутрішня пам'ять 32Кб, для ESP8266, флеш-пам'ять 8 Mbit.

Тактова частота 16 МГц.

ОЗП 2 Кб.

На платі встановлено 8-піновий перемикач режимів роботи модулів.

	1	2	3	4	5	6	7	8	
CH340 <-> ESP8266 (upload sketch)	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON		не викор.
CH340 <-> ESP8266 (connect)	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF		не викор.
CH340 <-> ATmega328 (upload sketch)	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF		не викор.
ATmega328+ESP8266	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF		не викор.
Модуль працює незалежно	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF		не викор.

Контролер Arduino живиться через зовнішнє живлення за допомогою адаптера AC/DC, або за допомогою батарейок, або за допомогою підключення через USB адаптер до персонального комп'ютера.

Працює Arduino за допомогою зовнішнього живлення від 6 до 20 V.

Напругу живлення рекомендується подавати в діапазоні від 7 до 12 V.

Має виводи на живлення

- VIN.
- 5V.
- 3V3.
- GND.

VIN використовують для подачі живлення під час підключення зовнішнього джерела живлення.

5V є регульованим джерелом напруги та використовується для живлення самого мікроконтролера та компонентів плати. Подається живлення або за допомогою регулятора напруги на вивід VIN, або від USB-кабелю, або від іншого джерела напруги з 5V.

3V3 має напругу на виведенні 3,3 V, що генерується регулятором, що знаходиться на самій платі. Максимальним споживанням струму цьому виводу є 50 мА.

На вивід GND виводиться заземлення.

Усі цифрові 14 виходів модуля Arduino Uno налаштовуються за допомогою функцій `digitalRead()`, `digitalWrite()` та `pinMode()` на вхідні та вихідні значення. Кожен з цих 14 виводів має свій резистор навантаження з діапазоном опору від 20 до 50 кОм і має пропускну здатність до 40мА.

Виводи Arduino Uno:

- Послідовна шина RX (0) та TX (1).
- Зовнішнє переривання 2 та 3.
- ШІМ – 3, 5, 6, 9, 10, 11.
- SPI – SS(10), MOSI (12), SCK (13).
- LED 13.

У виводів на платі Arduino Uno є спеціальні функції.

RX (0) і TX(1) використовують для прийому (RX) та передачі (TX) даних TTL. Виводи мають підключення до відповідних виводи мікросхем послідовної шини ATmega328 USB-to-TTL.

Зовнішнє переривання використовується для виклику переривання на менших значеннях, або на задньому або передньому фронтах, або при зміні значень.

ШІМ (Широтно-імпульсна модуляція) за допомогою функції `analogWrite()` забезпечує модуляцію з роздільною здатністю 8 біт.



SPI (последовний периферійний інтерфейс) – з допомогою цих виводів здійснюють зв'язок SPI, використовуючи спеціалізовану бібліотеку SPI.

LED є вбудованим світлодіодом, який підключений до порту з номером 13. Світлодіод спалахує, якщо на виході значення має високий потенціал.

Аналогові виходи, в кількості 6 штук, мають дозвіл по 10 біт, а значить обробляє по 1024 значень, що різняться. Діапазон виведення вимірів до 5 V щодо землі. Можна змінювати верхню межу за допомогою функції `analogReference()` та виведення AREF.

Також є вивід Reset, до якого підключена кнопка перезавантаження, яка дає можливість перезавантажити мікроконтролер.

Термодатчик DS18B20.

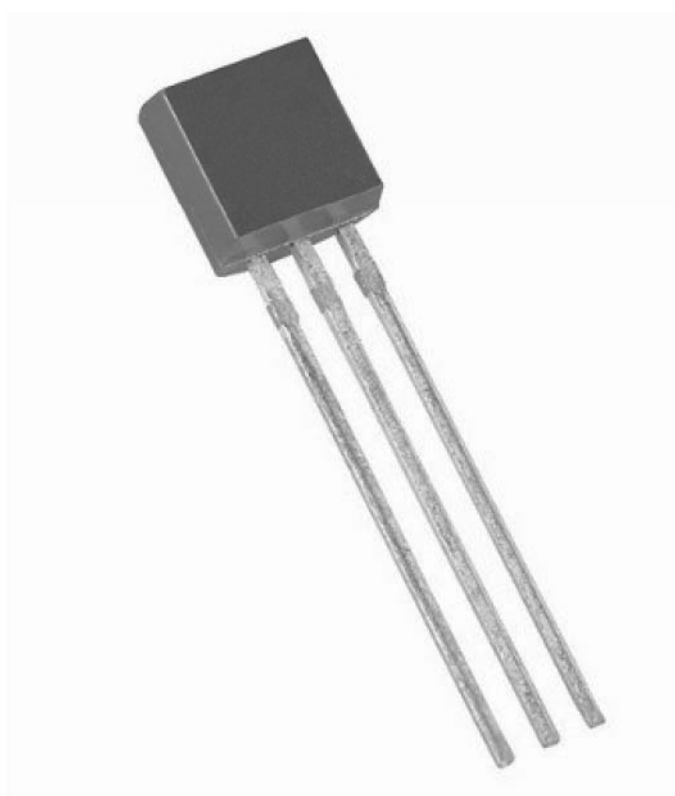


Рисунок 2.3 - Термодатчик DS18B20

Термодатчик DS18B20 має діапазон визначення температур навколишнього середовища від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ . Він є аналоговою напівпровідниковою

системою. Такі датчики отримують дані у цифровому вигляді. Роздільна здатність цифрового сигналу 12-бітове за 1-Wire протоколом. При підключенні його використовується «паразитне живлення», отже, необхідну енергію датчики одержують, використовуючи лінію сигналу. Завдяки цьому підключається такий датчик за допомогою двох дротів.

Датчики можна підключати послідовно, тому що кожен датчик має свій унікальний номер, який дозволяє ідентифікувати його, проте в такому випадку для передачі енергії неможливо використовувати лінію сигналу. Отже, при послідовному підключенні потрібно так само подавати живлення по окремому, третьому контакту.

Датчик температури DS18B20 має постійну пам'ять, всередину якої можна встановити початкові граничні значення, виходячи за межі яких датчик перейде в режим тривоги. Між ногами сенсора відстань занадто мала для установки на саму плату, тому при необхідності монтажу датчика їх потрібно розгинати.

Характеристики термодатчика DS18B20.

- Діапазон вимірювання температури: від  $-55$  до  $+125$  °C.
- Точність вимірювань:  $\pm 0,5$ °C.
- Затримка при отриманні відповіді: при 12-бітій роздільній здатності 750 мс, при 9-бітій роздільній здатності 94 мс.
- Напруга живлення: 3 – 5,5 В.
- Споживаний струм при бездіяльності: 750 нА.
- Споживаний струм при опитуванні: 1 мА.

### 2.2.1 Реле модуль підключення до Arduino

Arduino Relay module використовується як реле модуль для управління розетками.

Керується напругою 5V.

Максимальна напруга комутації:

- постійного струму 10A 250V

- змінного струму 10A 30V

До Ардуїно підключається без додаткової обв'язки.

Складається із трьох контактів:

- VCC: контакт живлення "+"
- IN: Виведення вхідного сигналу
- GND: контакт живлення "-"



Рисунок 2.4. Arduino Relay module

Управління йде за допомогою модуля ардуїно та команд:

`digitalWrite` (номер порту, LOW/ HIGH)

При LOW транзистор відкрито, при HIGH транзистор закрито.

Для того щоб підключити реле, слід включити його контакти в розрив одного з проводів живлення, які підключаються до розетки, що живить обігрівальний елемент.

### 2.3 Розробка програми системи

Для організації зв'язку мікроконтролера з датчиками необхідно підключити спеціальну бібліотеку `OneWire`. Це робиться за допомогою команди [5].

```
#include <OneWire.h>
```

Для підключення самих датчиків потрібно прописати рядок

```
OneWire dt(10);
```

де цифрою позначається номер порту, якого підключений термодатчик.

Також потрібно встановити змінну, для позначення номера виходу, до якого підключається пристрій, а також встановити цей порт на вихідний сигнал.

```
int razetka = 4;
```

```
pinMode(Relay1, OUTPUT);
```

Для правильного відображення позитивної або негативної температури потрібно вказати змінну знака, так як дані з термодатчика приходять у цифровому вигляді.

Отримання температурних даних та переведення їх із цифрового коду в необхідні величини прописується наступним чином:

```
dt.write(0xBE); //Зчитуємо дані з датчика 1
```

```
for (i = 0; i < 9; i++) //Отримуємо та аналізуємо отримані 9 біт інформації  
побитно
```

```
{
```

```
data[i] = dt.read();
```

```
}
```

```
Temper=(data[1]<<8)+data[0];
```

```
Temper = Temper; //Записуємо в змінну зняті дані
```

```
z1=((Temper%16)*100)/16; //Для переведення знятих даних у температуру  
вводимо змінну переведення цифрового значення.
```

Так само потрібна перевірка біта знака, яка дозволяє показати, чи позитивна, чи негативна температура

```
if (z1<0) // Перевіряємо біт знака
```

```
{
```

```
z1 = z1 * -1;
```

```
}
```

Такий код потрібно прописати як для першого датчика, що знаходиться

на вулиці, так і для датчика, що знаходиться у приміщенні.

При знятті даних вони записуються в спеціальну базу. При наступному знятті значення у цій базі обнулюються і записуються нові.

Для роботи системи потрібно встановити час затримки перед наступним зчитуванням даних. У цьому коді значення було виставлено 1800000 мілісекунд, що дорівнює 30 хвилин.

```
delay(1800000);
```

Для перевірки, чи потрібно увімкнути опалення встановлюється умовний оператор `if` порівнює показання, зняті з термодатчика, з виставленою межею температури. При показаннях температури нижче необхідної подається команда на реле, яке замикає ланцюг і подає живлення на розетку.

```
if(z2<tnuj) //Якщо температура на датчику в будинку менша за допустиму
{
digitalWrite(Relay1, HIGH); // Вимкнення розетки
}
else
{
digitalWrite(Relay1, LOW); // Вмикання розетки
}
```

## 2.4 Переваги та недоліки розробленої системи

Така система має як переваги, і недоліки.

Перевагами є:

- Можливість контролю будь-якої точки світу за наявності інтернету.
- Дешевизна.
- Можливість підключення великої кількості різних датчиків та систем керування.

- Відстеження та керування необхідними параметрами всередині си-

стеми.

- Економія фінансових витрат.
- Не доводиться замислюватися, увімкнув чи вимкнув ти обігрівачий

елемент.

Недоліки:

- Неможливість роботи без Інтернету.
- Затримка під час увімкнення до кількох секунд.

У такій системі звичайно є свої недоліки, адже в першу чергу, для роботи з нею потрібна наявність інтернету, а при відключенні ми не зможемо з нею зв'язатися, проте навіть при відключенні його ви можете бути впевнені, що температура все одно буде підтримуватися в межах норми.

### 3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

У розрахунковій частині буде здійснено розрахунок трансформатора блоку живлення модуля, випрямляючих діодів для потреб модуля управління.

#### 3.1 Розрахунок випрямляча

##### 3.1.1 Розрахунок випрямляча джерела живлення

Середній струм діода мостового випрямляча дорівнює:

$$I_a = I_n / 2 \quad (3.1)$$

$$I_a = 1,5 / 2 = 0,7 \text{ A}$$

Діючий струм діода дорівнює:

$$I_{a\partial} = 1,15 \cdot I_n \quad (3.2)$$

$$I_{a\partial} = 1,15 \cdot 1,5 = 1,725 \text{ A}$$

Зворотна напруга, що прикладається до діодів, дорівнює:

$$U_b = 1,32 \cdot U_{\text{ex.max}} \quad (3.3)$$

$$U_b = 1,32 \cdot 11 = 14,52 \text{ B}$$

Як випрямляючі діоди вибираємо діодний міст типу 2W10 з наступними параметрами:

-прямий середній струм - 2A;

- зворотна напруга - 1000 В;
- пряме падіння напруги - 1 В.

### 3.1.2 Розрахунок параметрів вторинної обмотки трансформатора

При визначенні струму первинної обмотки слід враховувати втрати, а також струм трансформатора, що намагнічує, відносна величина яких в малопотужних силових трансформаторах дуже значна.

Величини струмів можуть бути визначені за наступними формулами [6]:

$$I_1 = \frac{P_2 \cdot \cos \varphi_2}{U_1 \cdot \eta \cdot \cos \varphi_1} [A], \quad (3.4)$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2} \quad (3.5)$$

де  $U_1$  і  $U_2$  - напруги обмоток за завданням;

$P_2$  - потужність вторинної обмотки за завданням;

$\cos \varphi_2$  - коефіцієнт потужності навантаження за завданням;

$\eta$  - ККД трансформатора, обирається по кривій на рис. 3.1.

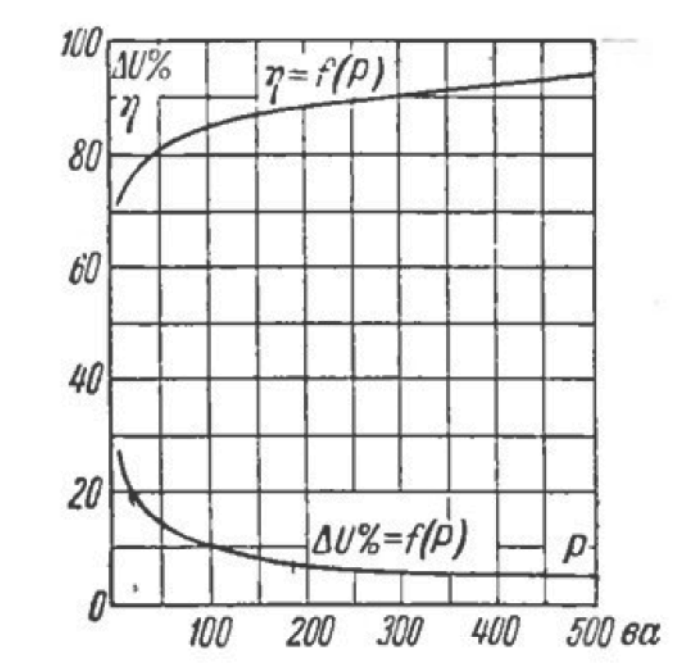


Рисунок 3.1 – Криві залежності ККД і падіння напруги малопотужних трансформаторів від потужності



Так як в більшості випадків навантаження малопотужних трансформаторів зазвичай активна ( $\cos \varphi_2 = 1$ ), то коефіцієнт потужності первинної ланцюга практично можна визначити за формулою:

$$\cos \varphi_1 \approx \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{I_m}{I_a}\right)^2}} \quad (3.6)$$

Як показують розрахунок і досвід, для малопотужних трансформаторів з активним навантаженням величина відношення струму, що намагнічує,  $I_m$  до активної складової первинного струму  $I_a$  в середньому становить близько  $I_m / I_a = 0,4 \div 0,6$ , тому коефіцієнт потужності первинного кола цих трансформаторів зазвичай знаходиться в межах  $\cos \varphi_1 = 0,7 \div 0,92$ .

Задаючись значеннями  $\cos \varphi_1 = 0,7$  і  $\eta = 0,7$ , можна отримати значення струмів трансформатора:

$$I_1 = \frac{P_2 \cdot \cos \varphi_2}{U_1 \cdot \eta \cdot \cos \varphi_1} = \frac{12 \cdot 1}{220 \cdot 0,7 \cdot 0,7} = 0,13(A) \quad (3.7)$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{12}{12} = 1(A). \quad (3.8)$$

### 3.2.2. Вибір індукції в стержні осердя і щільності струму у дротах обмоток трансформатора

Допустима величина індукції в стержні і ярмі осердя трансформатора визначається обраним значенням струму, що намагнічує, потужністю, частотою, типом трансформатора, числом стиків в осерді і матеріалом останнього. Для трансформаторів стержневого і броньового типів потужністю кілька десятків або сотень вольт-ампер з сердечником з листової електротехнічної сталі марок

341 і 311 (ГОСТ 802-98) індукцію в стержні осердя можна прийняти в таких межах:  $V_c = 12000 \div 13000$  гс.

У разі осердя трансформатора з холоднокатаної сталі марок 3310, 3320 і 3330 цю індукцію можна прийняти:  $V_c = 15000 \div 16\ 000$  гс.

У трансформаторах підвищеної частоти (200-400 Гц) величина індукції в стержні визначається величиною втрат і нагріванням його. Звичайно в цьому випадку індукція в стержні становить не більше 5000-7000 гс.

Допустима величина щільності струму у дротах обмоток трансформатора значною мірою визначає вагу і вартість останнього. Чим вище щільність струму в обмотках, тим менше вага міді їх і відповідно вартість трансформатора. З іншого боку, зі збільшенням щільності струму зростають втрати в міді обмоток і нагрівання трансформатора.

У трансформаторах потужністю приблизно до 100 ВА допустима щільність струму у дротах обмоток може складати:  $j = 4,5 \div 3,5$  А/мм<sup>2</sup>.

У трансформаторах потужністю понад 100 ВА і до декількох сотень вольт-ампер ця щільність звичайно становить:  $j = 3,5 \div 2,5$  А/мм<sup>2</sup>.

### 3.6.3. Визначення поперечного перерізу стержня і ярма осердя трансформатора

Відношення втрат у міді обмоток трансформатора до втрат у сталі осердя в малопотужних станових трансформаторах, що працюють приблизно при номінальних навантаженнях, за умовами максимуму ККД бажано мати в межах:

$$\beta = P_v/P_c = 1,2 \div 1,8 \quad (3.9)$$

Відношення ваги сталі осердя до ваги міді обмоток становить:

$$\alpha = \frac{G_z}{G_M} = \frac{2,4}{K_z} \cdot \left( \frac{j}{B_z \cdot 10^4} \right)^2 \cdot \frac{1}{\beta}, \quad (3.10)$$

де  $B_z$  - індукція в стержні осердя;

$j$  - щільність струму у дротах обмоток;

$K_z$  - питомі втрати в сталі сердечника.

Питомі втрати в сталі осердя  $K_z$  при  $B = 10000$  гс і  $f = 50$  Гц, за даними ГОСТ 802-58, залежно від марки сталі і товщини листа  $\delta_c$ , складають:

марка сталі Э41:

при  $\delta_c = 0,50$  мм  $K_z = 1,60$  Вт/кг

$\delta_c = 0,35$  мм  $K_z = 1,35$  Вт/кг

марка сталі Э11:

при  $\delta_c = 0,50$  мм  $K_z = 3,30$  Вт/кг

марка сталі Э310 та Э320:

при  $\delta_c = 0,50$  мм  $K_z = 1,25$  Вт/кг;  $K_z = 1,15$  Вт/кг

$\delta_c = 0,35$  мм  $K_z = 1,00$  Вт/кг;  $K_z = 0,90$  Вт/кг.

Задаємося маркою сталі Э41 при  $\delta_c = 0,50$  мм (тобто  $K_z = 1,60$  Вт / кг) і значеннями  $B_c = 12000$  гс,  $j = 4$  А/мм<sup>2</sup>.

Поперечний переріз стержня осердя трансформатора визначається за наступною формулою:

$$S_c \approx C \cdot \sqrt{\frac{P_1 \cdot \alpha \cdot 10^6}{f \cdot B_c \cdot j}} [\text{см}^2], \quad (3.11)$$

де  $P_1 = U_1 \cdot I_1$  - с поживана потужність однофазним трансформатором, ВА;

$P_1 = U_1 \cdot I_1 = 220 \cdot 0,13 = 28,6$  ВА;

$\alpha = G_c / G_M$  - відношення ваги сталі до ваги міді обмотки:

$$\alpha = \frac{G_c}{G_M} = \frac{2,4}{K_c} \cdot \left( \frac{j}{B_c \cdot 10^{-4}} \right)^2 \cdot \frac{1}{\beta} = \frac{2,4}{1,6} \cdot \left( \frac{4}{12000 \cdot 10^{-4}} \right)^2 \cdot \frac{1}{1,8} = 9,26; \quad (3.12)$$

$U_1$  и  $f$  – беруться з умови:  $U_1 = 220$  В,  $f = 50$  Гц;  $B_c = 12000$  гс,  $j = 4$  А/мм<sup>2</sup>;

$C$  – постійний коефіцієнт, що залежить від типу трансформатора: для однофазних броньових трансформаторів  $C=0,7$ .

Розрахуємо поперечний переріз стержня осердя трансформатора:

$$S_c \approx C \cdot \sqrt{\frac{P_1 \cdot \alpha \cdot 10^6}{f \cdot B_c \cdot j}} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{28,6 \cdot 9,26 \cdot 10^6}{50 \cdot 12000 \cdot 4}} = 7,349 \text{ см}^2. \quad (3.13)$$

Поперечний переріз яра трансформатора броньового типу можна прийняти:

$$S_{\text{я}} = \frac{(1,0 \div 1,2) \cdot S_c}{2} [\text{см}^2]; \quad (3.14)$$

$$S_{\text{я}} = \frac{1,2 \cdot 7,349}{2} = 4,41 \text{ (см}^2\text{)}.$$

Розмір сторін квадратного поперечного перерізу стержня:

$$a_c = b_c = \sqrt{\frac{S_c}{k_z}} [\text{см}]. \quad (3.15)$$

Можливо відхилення від квадратної форми поперечного перерізу стержня, при цьому  $b_c = (1,2 \div 2,0) \cdot a_c$ .

Висота яра:

$$h_{\text{я}} = \frac{S_{\text{я}}}{k_z \cdot b_c} [\text{см}], \quad (3.16)$$

де  $k_3$  - коефіцієнт заповнення перерізу осердя сталлю, обраний з табл. 3.1 залежно від прийнятої товщини листа  $\delta_c$ .

За розмірами  $a_c$ ,  $b_c$  и  $h_x$  можна вибрати найближчу стандартну П-подібну або Ш-подібну пластини осердя трансформатора з додатку П. У цьому випадку можливе відхилення від квадратної форми поперечного перерізу стержня для отримання заданого перетину  $S_c$ ; при цьому зазвичай  $b_c > a_c$ .

Таблиця 3.1 – Середні значення коефіцієнта заповнення

Товщина листа, мм	Коефіцієнт заповнення поперечного перерізу стержня сталлю
0,5	0,92
0,35	0,86
0,2	0,76
0,1	0,65

При  $\delta_c = 0,50$  мм коефіцієнта заповнення  $k_3 = 0,92$ .

$$a_c = b_c = \sqrt{\frac{S_c}{k_3}} = \sqrt{\frac{7,349}{0,92}} = 2,87 \text{ см} \quad (3.17)$$

$$h_x = \frac{S_x}{k_3 \cdot b_c} = \frac{4,41}{0,92 \cdot 2,87} = 0,848 \text{ (см)} \quad (3.18)$$

З довідника вибираємо тип осердя Ш-30x30 з параметрами:

$a_c = b_c = 3$  см;  $h_x = 1,5$  см;  $H = 4,5$  см;  $b = 1,5$  см.

#### 4. Визначення числа витків обмоток трансформатора

Числа витків первинної і вторинної обмоток однофазного трансформатора визначаються з виразів:

$$W_1 = \frac{E_1 \cdot 10^8}{4,44 \cdot f \cdot B_c \cdot S_c} \quad (3.19)$$

$$E_1 = U_1 - \frac{\Delta U [I] \cdot U_1}{200}, \quad (3.20)$$

$$W_2 = W_1 \cdot \frac{E_2}{E_1}, \quad (3.21)$$

де  $\Delta U$  береться з графіку на рис. 3.1,  $\Delta U = 20\%$

$$E_1 = U_1 - \frac{\Delta U [I] \cdot U_1}{200} = 220 - \frac{12 \cdot 220}{200} = 206,8(B) \quad (3.22)$$

$$W_1 = \frac{E_1 \cdot 10^3}{4,44 \cdot f \cdot B_c \cdot S_c} = \frac{206,8 \cdot 10^3}{4,44 \cdot 50 \cdot 12000 \cdot 7,349} = 1124. \quad (3.23)$$

$$E_2 = U_2 + \frac{\Delta U [I] \cdot U_2}{200} = 12 + \frac{12 \cdot 12}{200} = 13,2(B) \quad (3.24)$$

$$W_2 = 68.$$

### 3.6.5. Визначення перерізу і діаметра дроту обмотки

Попередні значення поперечних перерізів проводів обмоток визначаються за формулами:

$$q_1 = \frac{I_1}{j_1} = \frac{0,13}{4} = 0,032(\text{мм}^2), \quad (3.25)$$

$$q_2 = \frac{I_2}{j_2} = 0,25(\text{мм}^2) \quad (3.26)$$

По довіднику  $d_1 = 0,2$  мм,  $d_2 = 0,59$  мм.

3.6.6. Вибір розмірів вікна осердя і укладання обмоток на стержнях трансформатора

Форма вікна осердя трансформатора значно впливає на величину струму, що намагнічує, витрата сталі на сердечник і міді на обмотки трансформатора. Зайва висота вікна осердя  $H$  підвищує струм  $I_{\mu}$ , що намагнічує, і збільшує витрату сталі і вагу трансформатора. Занижена висота вікна підвищує нагрів обмотки і збільшує витрату міді на них.

Якщо при розрахунку осердя трансформатора прийнята стандартна форма II-подібних або III-подібних пластин з додатку II, то розміри  $H$  і  $b$  беруться з цього ж додатка.

При розташуванні обмоток на стержнях осердя трансформатора потрібно мати на увазі наступне: чим менше діаметр обмоточного дроту, тим вище його вартість. Тому для зменшення загальної вартості трансформатора доцільно обмотку з більш тонким проводом розташовувати на стержні першою.

Для уточнення ширини вікна осердя  $b$  необхідно обчислити радіальну товщину обмоток трансформатора.

Кількість витків первинної обмотки в одному шарі:

$$n_1 = \frac{H - 2 \cdot \varepsilon_1}{d_{1_{\text{в}}}}, \quad (3.27)$$

де  $d_1$  – береться з довідника

$\varepsilon_1$  – відстань від обмотки до ярма, зазвичай  $\varepsilon_1 = 2 \div 5$  мм.

$$n_1 = \frac{H - 2 \cdot \varepsilon_1}{d_{1_{\text{в}}}} = \frac{45 - 2 \cdot 3}{0,2} = 195. \quad (3.28)$$

Кількість шарів первинної обмотки однофазного однокатушечного або трифазного трансформаторів:

$$m_1 \approx \frac{W_1}{n_1} = \frac{1124}{195} = 5,7 \Rightarrow 6 \text{ шарів} \quad (3.29)$$

Отримане значення  $m_1$  округлюється до найближчого більшого цілого числа.

Товщина первинної обмотки:

$$\delta_1 = m_1 \cdot d_{1uz} = 6 \cdot 0,2 = 1,2 \text{ мм} \quad (3.30)$$

Кількість витків вторинної обмотки в одному шарі:

$$n_2 = \frac{H - 2 \cdot \varepsilon_1}{d_{2uz}} = \frac{45 - 2 \cdot 3}{0,59} = 66,1 \Rightarrow 67, \quad (3.31)$$

де  $d_{2uz}$  – береться з довідника.

Кількість шарів вторинної обмотки однофазного однокатушечного трансформатора:

$$m_2 \approx \frac{W_2}{n_2} = \frac{62}{67} = 0,97 \Rightarrow 1 \text{ шар} \quad (3.32)$$

Отримане значення  $m_2$  округлюється до найближчого більшого цілого числа.

Товщина вторинної обмотки:

$$\delta_2 = m_2 \cdot d_{2uz} = 1 \cdot 0,59 = 0,59 \text{ мм} \quad (3.33)$$

Ширина вікна осердя однофазного трансформатора з одною прямокутною котушкою:

$$b = k_2 \cdot (\varepsilon_0 + \delta_1 + \delta_{12} + \delta_2) + \varepsilon_3 \quad (3.34)$$

де  $k_2 = 1,2 \div 1,3$  – коефіцієнт збільшення товщини котушки за рахунок нещільності прилягання шарів, в результаті чого котушка набуває овальний вигляд;



$\varepsilon_0 = 1,0 \div 2,0$  – товщина ізоляції між котушкою і стержнем, виконуваної зазвичай з електрокартону;

$\delta_{12}$  – товщина ізоляції між обмотками, виконувана зазвичай в малопотужних трансформаторах з електрокартону і лакоткані товщиною 0,10 - 1,0 мм;

$\varepsilon_3$  – відстань від котушки до другого стержня, що приймається зазвичай в межах  $\varepsilon_3 = 3 \div 5$  мм;

$\delta_1$  и  $\delta_2$  – товщина відповідних обмоток, мм.

Підставивши значення, розрахуємо ширину вікна осердя:

$$b = k_2 \cdot (\varepsilon_0 + \delta_1 + \delta_{12} + \delta_2) + \varepsilon_3 = 1,2 \cdot (1 + 1,2 + 0,5 + 0,59) + 3 = 6,9 \text{ мм}$$

Порівнюючи розраховану ширину вікна осердя з обраною за довідником, робимо висновок, що розрахунок вірний.

## 4 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Програмне забезпечення для систем автоматизованого проектування

На сьогодні багато фірм пропонують програмне забезпечення для потреб САПР, воно відрізняється ціною та можливостями. Програма DipTrace пропонує безкоштовну ліцензію для проектування плат у два шари. Завдяки характеристикам програми DipTrace проводилось проектування принципових схем і друкованих плат. DipTrace включає в себе чотири основні програми: Schematic - розробка принципових схем, PCB Layout - розводка плат, ручне і автоматичне трасування; ComEdit - редактор корпусів та SchemEdit - редактор компонентів;

Основні функції:

- Редактор плат - проектування плат за допомогою потужного авто-трасувальника, зручною ручного трасування і системи позиціонування компонентів.

- Редактор схем - проектування схем з підтримкою ієрархії і необмеженої кількості аркушів. Експорт в редактор плат, список мереж (netlist) або симулятор.

- Редактори компонентів і корпусів - дозволяють створювати свої бібліотеки.

- Стандартні бібліотеки - містять більше 100 000 компонентів.

- 3D попередній - дозволяє переглядати тривимірну модель плати. З програмою поставляються більш 2.5 тис. 3D-моделей корпусів.

- Імпорт / Експорт - система може імпортувати схеми, плати і бібліотеки з P-CAD, PADS і інших популярних програм. Експорт в P-CAD, Gerber і інші формати дозволить підготувати плати для будь-якого виробництва.

- Український інтерфейс, довідка, підручник і форматки - дозволять швидко вивчити й ефективно користуватися програмою [7].

#### 4.2 Технологія виготовлення плати друкованої

Друкована плата являє собою плоску ізоляційну підставу, на одній або обох сторонах якої розташовані струмопровідні смужки металу (провідники) відповідно до електричної схеми.

Застосування друкованих плат дозволяє полегшити настройку апаратури і виключити можливість помилок при її монтажі, так як розташування провідників і монтажних отворів однаково на всіх платах даної схеми. Використання друкованих плат, обумовлює також можливість зменшення габаритних розмірів апаратури, поліпшення умов відведення тепла, зниження металоємності апаратури і забезпечує інші конструктивно-технологічні переваги в порівнянні з об'ємним монтажем.

Виготовлення друкарських плат відбувається на виробничій ділянці, де встановлено необхідне устаткування. Для виготовлення друкарських плат (ДП) використовують:

- шаруваті матеріали: фольговані і нефольговані листові діелектрики (папір, склотканина і інш.);
- нешаруваті матеріали (листові матеріали на основі фотопласта, сополімера, арилокса і інш.).

Залежно від кількості шарів з електропровідним рисунком, друковані плати поділяють на:

- односторонні (ОДП; є тільки один шар фольги);
- двосторонні (ДДП; два шари фольги);
- багатошарові (БДП; фольга не тільки на двох сторонах плати але і у внутрішніх парах діелектрика), які застосовуються у випадках, коли розводка сполук на двосторонній платі стає занадто складною.

Залежно від умов експлуатації вибирається марка матеріалу ДП. Зазвичай ДП розробляються простій прямокутної форми; конфігурацію, що відрізняється від прямокутної, застосовують в технічно-обґрунтованих випадках.

Процес виготовлення друкованої плати можна умовно розділити на п'ять основних етапів:

- попередня підготовка заготовки (очищення поверхні, знежирення);
- нанесення тим чи іншим способом захисного покриття;
- видалення зайвої міді з поверхні плати (травлення);
- очищення заготовки від захисного покриття;
- сверловка отворів, покриття плати флюсом, лудіння.

1. Попередня підготовка заготовки є початковим етапом і полягає в підготовці поверхні майбутньої друкованої плати до нанесення на неї захисного покриття. У цілому за тривалий проміжок часу технологія очищення поверхні не зазнала скільки-небудь значних змін. Весь процес зводиться до видалення окислів і забруднень з поверхні плати з використанням різних абразивних засобів і подальшого знежирення шкіри.

2. Нанесення захисного покриття є найважливішим етапом у процесі виготовлення друкованих плат, і саме їм на 90% визначається якість виготовленої плати. Найбільш популярними є три способи нанесення захисного покриття.

Застосування фоторезистів. Фоторезистом називається чутлива до світла речовина, яка під впливом освітлення змінює свої властивості. Сутність застосування фоторезиста полягає в наступному: на плату з нанесеним на неї шаром фоторезисту накладається фотошаблон і виробляється її засвітка, після чого засвічені (або незасвічені) ділянки фоторезисту змиваються спеціальним розчинником, в якості якого зазвичай виступає їдкий натр (NaOH). Всі фоторезисти діляться на дві категорії: позитивні та негативні. Для позитивних фоторезистів доріжці на платі відповідає чорна ділянка на фотошаблоні, а для негативних, відповідно, прозора. Найбільшого поширення набули позитивні фоторезисти як найбільш зручні в застосуванні.

Після нанесення шару фоторезисту необхідно висушити отриману плівку. Робити це рекомендується при температурі 70-80 градусів, причому спочатку потрібно підсушити поверхню при невеликій температурі і лише потім по-

ступово довести температуру до потрібного значення. Час сушіння при вказаній температурі становить порядку 20-30 хвилин. В крайньому випадку допускається сушіння плати при кімнатній температурі протягом 24 годин. Плати з нанесеним фоторезистом повинні зберігатися в темному прохолодному місці.

Наступним дією після нанесення фоторезисту є експонування. При цьому на плату накладається фотошаблон (бажано стороною друку до плати: це сприяє збільшенню чіткості при експонуванні), який притискається тонким склом або шматком плексигласу. При досить невеликих розмірах плат для притиску можна використовувати кришку від коробки компакт-диска або відміту від емульсії фотопластинку. Оскільки область максимуму спектральної чутливості більшості сучасних фоторезистів припадає на ультрафіолетовий діапазон, для засвічення бажано використовувати лампу з великою часткою УФ-випромінювання в спектрі (ДРШ, ДРТ та інш.). У крайньому випадку, можна використовувати потужну ксенонову лампу. Час експонування залежить від багатьох причин (тип і потужність лампи, відстань від лампи до плати, товщина шару фоторезиста, матеріал притискного покриття тощо) і підбирається експериментально. Проте в цілому час експонування становить зазвичай не більше 10 хвилин навіть при експонуванні під прямими сонячними променями.

Прояв більшості фоторезистів здійснюється розчином їдкого натру (NaOH) - 7 грамів на літр води. Краще всього використовувати свіжоприготований розчин, що має температуру 20-25 градусів. Час прояву залежить від товщини плівки фоторезисту і знаходиться в межах від 30 секунд до 2 хвилин. Після прояви плати можна піддавати травленню в звичайних розчинах, оскільки фоторезист стійкий до впливу кислот. При використанні якісних фотошаблонів застосування фоторезисту дозволяє отримати доріжки шириною аж до 0,15-0,2 мм.

3. При видалення зайвої міді з поверхні плати відомо багато складів для хімічного травлювання. Всі вони відрізняються швидкістю протікання реакції,

складом речовин, що виділяються в результаті реакції, а також доступністю необхідних для приготування розчину хімічних реактивів.

Найбільш популярні розчини для травлення:

- Хлорне залізо ( $\text{FeCl}_3$ ) - мабуть, найвідоміший і найпопулярніший реактив. Сухе хлорне залізо розчиняється у воді до тих пір, поки не буде отриманий насичений розчин золотисто-жовтого кольору (для цього потрібно близько двох столових ложок на склянку води). До недоліків даного розчину слід віднести освіту в процесі реакції відходів, які осідають на платі і перешкоджають нормальному протіканню процесу травлення, а також порівняно низьку швидкість реакції.

- Персульфат амонію - світла кристалічна речовина, розчиняється у воді виходячи зі співвідношення 35 г речовини на 65 г води. До недоліків цього розчину відноситься необхідність підтримання необхідного температурного режиму і перемішування.

- Розчин соляної кислоти ( $\text{HCl}$ ) і перекису водню ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Для приготування цього розчину необхідно до 770 мл води додати 200 мл 35% соляної кислоти і 30 мл 30% перекису водню. Готовий розчин повинен зберігатися в темній пляшці, не закритим герметично, тому що при розкладанні перекису водню виділяється газ. Увага: при використанні даного розчину необхідно дотримуватися всіх запобіжних заходів при роботі з їдкими хімічними речовинами. Всі роботи необхідно проводити тільки на свіжому повітрі або під витяжкою. При попаданні розчину на шкіру її необхідно негайно промити великою кількістю води. Недоліком даного розчину є необхідність суворого дотримання при роботі з ним усіх заходів обережності.

#### 4. Очищення заготовки, сверловка, нанесення флюсу, лудіння.

Після завершення травлення і промивання плати необхідно очистити її поверхню від захисного покриття. Зробити це можна яким-небудь органічним розчинником, наприклад, ацетоном.

Далі необхідно просвердлити всі отвори. Найзручніше для свердління плат використовувати електродвигуни типу ДПМ-35Н і їм подібні з насадженим на їх вал невеликим цанговим патроном. Після свердловки потрібно обробити отвори: видалити всі щербини і задирки. Зробити це можна наждачним папером.

Наступним етапом є покриття плати флюсом з подальшим лудінням. Можна використовувати спеціальні флюси промислового виготовлення (найкраще змивані водою або взагалі не потребують змивання) або просто покрити плату слабким розчином каніфолі в спирті. Лудіння можна проводити двома способами: зануренням в розплав припою або за допомогою паяльника і металевого обплетення, просоченої припоєм. У першому випадку необхідно виготовити залізну ванночку і заповнити її невеликою кількістю сплаву Розі або Вуда. Розплав повинен бути повністю покритий зверху шаром гліцерину щоб уникнути окислення припою. Для нагрівання ванночки можна використовувати перевернутий праску або електроплитку. Плата занурюється в розплав, а потім виймається з одночасним видаленням надлишків припою ракелем з твердої гуми.

На цьому процес виготовлення друкованої плати вважається закінченим і можна приступати до монтажу елементів на ній.

Вихідним параметром при конструюванні друкованих плат є крок координатної сітки. За допомогою координатної сітки регламентуються основні геометричні розміри друкованих плат. Як правило, центри всіх видів отворів на друкованих платах розташовуються у вузлах координатної сітки. Її основний крок 2.5 мм, додатковий - 0.635 мм. При компонованні друкованої плати прагнуть досягти максимального заповнення її поверхні навісними елементами і розмістити їх так, щоб забезпечити найкоротші зв'язки між ними, що виконуються друкованими провідниками. Розміри визначаються відомчими нормативами і ДСТУ. За даними цих документів максимальний розмір друкованої плати не повинен перевищувати 240x360 мм. Перевага при розробці віддається

малогабаритним платам, так як великогабаритні друковані плати мають малу механічну міцність і складні у виготовленні.

Товщина плати, як правило, відповідає товщині фольгованого діелектрика і вибирається залежно від вимог, що пред'являються до конструкції виробу, методу виготовлення плати, ваги і габаритів встановлюваних елементів і не перевищує 3 мм. Перехідним елементом від отвору, в який вставляється вивід встановлюваного елемента, до друкованого провідника є контактна площадка.

Важкі елементи (наприклад, трансформатори) або елементи, схильні до механічних впливів (тумблери, потенціометри, підлаштування конденсатори), встановлюються насамперед за допомогою своїх утримувачів. Такі утримувачі забезпечують механічне кріплення відповідних елементів до плати і запобігають обрив і поломку виводів під впливом механічних навантажень.

У разі необхідності роблять додаткове кріплення корпусів елементів до плати за допомогою прив'язки, приклеювання, установки хомутів, скоб і інших утримувачів. Установку елементів на друковані плати рекомендується починати з менших за розмірами. Всі елементи встановлюють таким чином, щоб луджена частина виведення виходила з монтажного отвору [8].

#### 4.3 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При розробці, проектуванні й виробництві бездротового пристрою керування для загородного будинку присутні наступні потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- погана освітленість робочої зони;
- небезпека ураження електричним струмом;
- підвищений рівень шуму на робочому, виникаючий від установки штучної вентиляції, паяльної станції та роботи комп'ютеру;
- вміст у повітрі робочої зони шкідливих речовин, які утворюються під час пайки;



- пари етилового спирту, які виникає в повітрі під час промивання друкованої плати;
- пил, та мікрочастки скло текстоліту, які з'являються під час механічної обробки друкованої плати;
- підвищена температура при роботі з паяльниками та паяльними станціями;
- вплив шкідливих факторів впливу моніторів ПК .

Відповідно до складального креслення в якості припою використовується олов'яно-свинцевий припій, а як флюс використовується безкислотний флюс. Для видалення залишків флюсу застосовується етиловий спирт.

Свинець є надзвичайно небезпечною речовиною (клас 1), відповідно до [9]. ГДК у повітрі робочої зони  $0,01 \text{ мг/м}^3$ . Олово є речовиною помірковано небезпечною (клас 3). ГДК у повітрі робочої зони  $10 \text{ мг/м}^3$ . Спирт етиловий є мало-небезпечною речовиною (клас 4). ГДК у повітрі робочої зони  $10 \text{ мг/м}^3$ .

При перевищення допустимої концентрації парів свинцю під час проведення паяльних робіт на організм людини приводить до зміни репродуктивної, нервової, серцево-судинної, імунної та ендокринної систем. Сполуки свинцю можуть викликати легке отруєння, отруєння середньої важкості та важке отруєння. При тривалому впливі виникає отруєння свинцем (сатурнізму). Для легкого отруєння характерними є розвиток анемії, для середньої важкості – токсичний гепатит, свинцева коліка, астеновегетативний синдром, для важкого – енцефалопатія, порушення координації рухів, розлади мови, периферичні нейропатії. Характерними симптомами свинцевої інтоксикації є свинцева кайма по краю ясен, а також «свинцевий колорит» - землісто-сіре забарвлення шкіри. Виникає енцефалопатія, яка характеризується головними болями, розладами сну, епілептичними паралічами, коматозними станами, депресією. Рухові розлади характеризуються поліневритом з переважним ураженням розгиначів кисті та стопи. Розвивається тремор витягнутих рук, посмикування очних яблук, болі в руках і ногах, болочість при пальпації по ходу нервів, погіршення зору. При

свинцевій інтоксикації виникає свинцева коліка з тріадою симптомів: різкі переймоподібні болі в животі, закрепи, підвищення артеріального тиску. Хворих турбують також гарячка, тошнота, блювота, зміни зі сторони серцево-судинної системи – болі в ділянці серця, аритмія, тахікардія, глухі тони, систолічний шум. Для жінок свинець представляє особливу небезпеку, тому що цей елемент має здатність проникати через плаценту і накопичуватися в грудному молоці.

Шум може тимчасово активізувати або постійно пригнічувати психічні процеси в організмі людини. Він не лише погіршує самопочуття людини і знижує продуктивність праці на 1—15%, але нерідко призводить до професійних захворювань. Інтенсивний щоденний, він повільно й незворотно впливає на незахищений орган слуху і призводить до розвитку нейросенсорної приглухуватості.

Робота за комп'ютером, супроводжується підвищеним напруженням зору, інтенсивністю і монотонністю праці, збільшенням статичних навантажень, нервово-психічним напруженням, впливом різного виду випромінювань та ін. Внаслідок цього трапляються такі професійні захворювання, як передчасна стомлюваність, погіршення зору, м'язові і головні болі, психічні й нервові розлади, хвороби серцево-судинної системи, онкологічні захворювання та ін.

#### 4.4 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Працівники, які працюють у лабораторії повинні проходити інструктаж з правил безпеки. Кожен працівник, який влаштовується на роботу повинен пройти протипожежний інструктаж.

Для зниження шуму застосовуються методи звукоізоляції та звукопоглинання. Звукоізолюючі кожухи, екрани, стіни, перетинки виготовляють із щільних твердих матеріалів, здатних запобігати розповсюдженню звукових хвиль

(метал, пластмаса, бетон, цегла). Звукопоглинаючими матеріалами є поліуретан, мінеральна вата, супертонке скловолокно, пористий бетон, перфоровані гіпсові плити - акмігран та ін., що мають коефіцієнт звукопоглинання  $\alpha > 0,2$ . Звукопоглинаючі та звукоізолюючі матеріали зазвичай використовують разом.

Природне освітлення повинно доповнюється штучним. Штучне освітлення у приміщеннях з ЕОМ здійснюється у вигляді комбінованої системи з використанням люмінесцентних джерел світла у світильниках загального освітлення, які розташовують над робочими поверхнями у рівномірно-прямокутному порядку. Пульсація люмінесцентних ламп не повинна перевищувати 10 %. Вікна бажано розміщувати з одного боку робочих приміщень.

Для нормалізації повітря у виробничому приміщенні разом з природною вентиляцією застосовується механічна вентиляція. В даному випадку – припливно-витяжна вентиляція, призначена для видалення з приміщення нагрітого і забрудненого повітря. Необхідно надати можливість індивідуального регулювання роздачі повітря в приміщеннях шляхом встановлення кондиціонерів.

Медичні профілактичні заходи:

- медичні огляди (попередні та періодичні);
- раціональне і профілактичне харчування;
- застосування змінного ритму і темпу роботи;
- виконання профілактичних та психологічних вправ.

#### 4.5 Електробезпека

Живлення електроприладів усередині лабораторії здійснюється від трьохфазної мережі з заземленою нейтраллю напругою 220 В і частотою 50Гц із використанням автоматів токового захисту. У приміщенні застосована схема заземлення [10].

В аналізованому приміщенні використовуються наступні типи електроустаткування:

- паяльники;

- персональний комп'ютер;
- елементи місцевого освітлення;
- система вентиляції.

В приміщенні лабораторії сухо, без підвищеної температури і відповідно з [11] вона відноситься до класу приміщень без підвищеної небезпеки поразки персоналу електричним струмом, оскільки відносна вологість повітря не перевищує 75%, температура не більш 35 °С, відсутні хімічно агресивні середовища.

У розглянутому приміщенні електропроводка схована, проведена в прорізах під штукатуркою на висоті 2 м. Силові провідники, які з'єднують між собою ПК із системним блоком і принтером мають подвійну ізоляцію. Штепсельні розетки встановлені на висоті одного метра від підлоги. Вимикачі на стінах розташовані на висоті 1,75 метра від підлоги з боку ручки для відкривання дверей. Корпус дисплея, клавіатури, принтера і калькулятора виготовлений зі спеціального матеріалу удароміцного пластику, що робить поразку електричним струмом людини, при дотику до них практично неможливим. Тобто, спеціальних заходів для електробезпечності застосовувати не потрібно.

Для зменшення небезпеки ураження струмом пропонується встановлення захисне заземлення металевих не струмопровідних частин електричного обладнання. Захисна функція полягає в тому, що сила струму, що буде проходити по тілу людини буде безпечної величини тому, що опір заземлення дуже малий порівняно з опором людини.

Отже, для виконання захисної ролі заземлюючі пристрої повинні мати дуже малий опір. Відповідно до ПУЕ допустимий опір заземлюючих пристроїв має бути не більший за 4 Ом. Заземлення і занулення не завжди гарантує безпеку людей від ураження струмом. Для захисту використовують захисне відключення, яке забезпечує автоматичне відключення електроустановки при виникненні в ній небезпеки ураження людини струмом. Цей вид захисту спрацьовує за 0,1 – 0,05с, а занулення 0,2с і більше.

Необхідно проводити своєчасну перевірку ізоляції електричного обладнання, пошкодження якої при певних умовах може призвести до ураження людини електричним струмом.

В даному приміщенні не допускається розміщення відкритих струмопровідних частин.

#### 4.6 Пожежна безпека лабораторії

Згідно з [12] будинок, де знаходиться лабораторія відноситься до категорії Д за вибухопожежної та пожежною небезпекою.

Ймовірні причини пожеж в лабораторії:

1. коротке замикання проводки;
2. користування побутовими електро радіо приладами;
3. недотримання умов протипожежної безпеки.

У зв'язку з цим необхідно передбачити наступні заходи щодо пожежної безпеки:

- улаштуванням протипожежних перепон у будівлях, системах вентиляції, опалювальних та кабельних комунікаціях;
  - спорудженням протидимного захисту;
  - ретельна ізоляція всіх струмоведучих провідників до робочих місць;
- періодичний огляд і перевірка ізоляції;

суворе дотримання норм протипожежної безпеки на робочому місці.

Приміщення обладнане двома пожежними датчиками типу ДТЛ, (площа, що захищається,  $2 \times 15 = 30 \text{ м}^2$ ). Така кількість датчиків відповідає нормам розміщення згідно ДБН, тому що площа, що захищається датчиком ДТЛ складає  $15 \text{ м}^2$ , два датчика захищають площу приміщення  $30 \text{ м}^2$ , а площа приміщення лабораторії складає  $19,4 \text{ м}^2$ .

Рекомендується улаштування в відділі збірки порошкового вогнегасника ОП-3(з), який призначений для гасіння загорання твердих, рідких речовин, а також для гасіння електрообладнання, яке знаходиться під напругою до 1000 В.

У приміщенні також мається план евакуації на випадок виникнення пожежі. Час евакуації відповідає вимозі, а максимальне видалення робочих місць від евакуаційних виходів відповідає [12].

#### 4.7 Розрахунок захисного заземлення

Розрахунок заземлення проводиться для того щоб визначити опір споруджуваного контуру заземлення при експлуатації, його розміри і форму. Як відомо, контур заземлення складається з вертикальних заземлювачів, горизонтальних заземлювачів і заземлюючого провідника. Вертикальні заземлювачі забиваються в ґрунт на певну глибину.

Горизонтальні заземлювачі з'єднують між собою вертикальні заземлювачі. Заземлювальний провідник з'єднує контур заземлення безпосередньо з електрощитом.

Розміри і кількість цих заземлювачів, відстань між ними, питомий опір ґрунту - всі ці параметри безпосередньо залежать на опір заземлення.

Заземлення служить для зниження напруги дотику до безпечної величини. Завдяки заземленню небезпечний потенціал йде в землю тим самим, захищаючи людину від ураження електричним струмом.

Величина струму стікання в землю залежить від опору заземлюючого контуру. Чим опір буде менше, тим величина небезпечного потенціалу на корпусі пошкодженої електроустановки буде менше.

Заземлювальні пристрої повинні задовольняти покладених на них певним вимогам, а саме величини опір розтікання струмів і розподілу небезпечного потенціалу.

Тому основний розрахунок захисного заземлення зводиться до визначення опору розтікання струму заземлювача. Це опір залежить від розмірів і кількості заземлюючих провідників, відстані між ними, глибини їх закладення і провідності ґрунту [13].

#### Вихідні дані для розрахунку заземлення

1. Основні умови, яких необхідно дотримуватися при спорудженні заземлюючих пристроїв це розміри заземлювачів.

1.1. Залежно від використовуваного матеріалу (куточок, смуга, кругла сталь) мінімальні розміри заземлювачів повинні бути не менше:

- а) смуга 12x4 - 48 мм<sup>2</sup>;
- б) куточок 4x4;
- в) кругла сталь - 10 мм<sup>2</sup>;
- г) сталева труба (товщина стінки) - 3.5 мм.

Мінімальні розміри арматури застосовуються для монтажу заземлюючих пристроїв

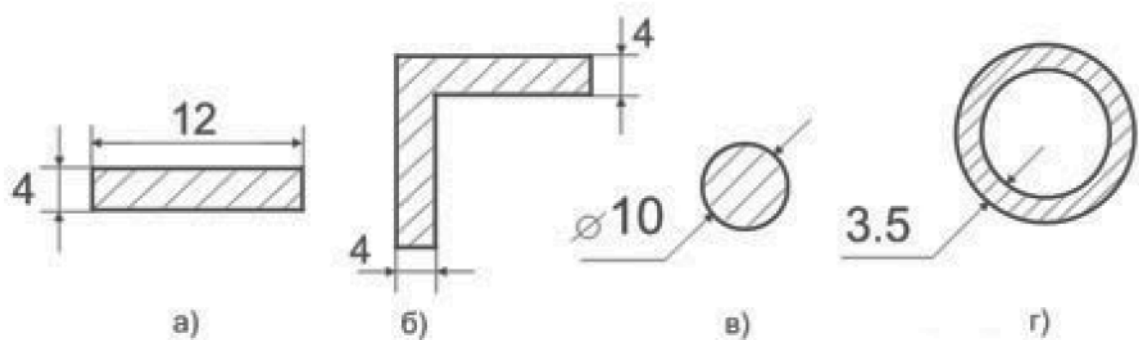


Рисунок 4.1 - Мінімальні розміри арматури

2. Довжина стрижня, що заземлює повинна бути не менше 1.5 - 2 м.

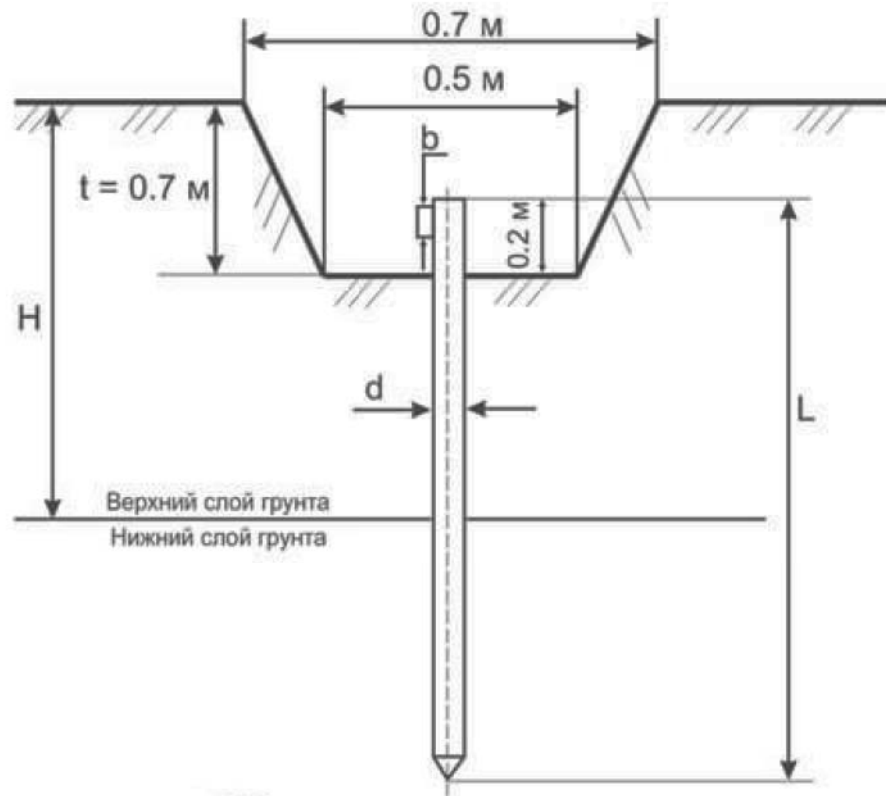


Рисунок 4.2 — Стержень заземлення

1.3. Відстані між заземлювальними стрижнями береться зі співвідношення їх довжини, тобто:  $a = 1 \times L$ ;  $a = 2 \times L$ ;  $a = 3 \times L$ .

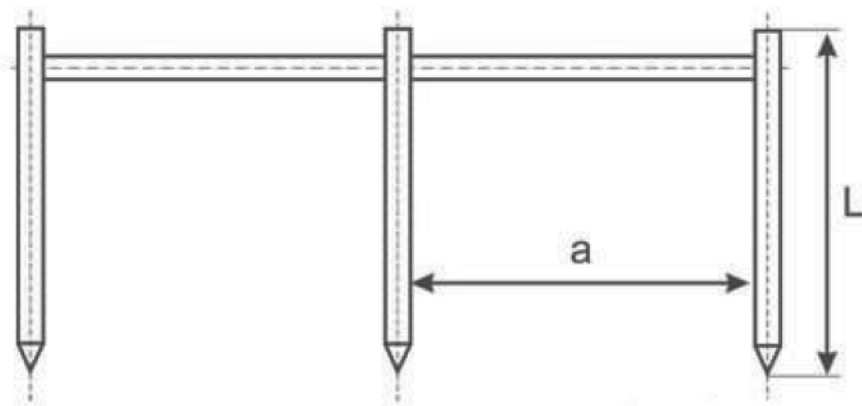


Рисунок 4.3 — Розташування стержнів



Залежно від що дозволяє площі і зручності монтажу заземлення стрижні можна розміщувати в ряд, або у вигляді який не будь фігури (трикутник, квадрат і т.п.).

Основною метою розрахунку заземлення є визначити число заземлюючих стрижнів і довжину смуги, яка їх з'єднує.

Вихідні дані для розрахунку пристрою заземлення:

- опір заземлювального пристрою розтіканню струму - не більше 4 Ом;
- вид ґрунту - лесь;
- кліматична зона - 1;
- розташування вертикальних заземлюючих електродів – по контуру.

Опір розтікання струму одного вертикального заземлювача (стержня):

$$R_0 = \frac{\rho_{ekv}}{2\pi L} \left( \ln\left(\frac{2L}{d}\right) + 0.5 \ln\left(\frac{4T+L}{4T-L}\right) \right)$$

де -  $\rho_{ekv}$  - еквівалентний питомий опір ґрунту, Ом·м;

L - довжина стержня, L=10 м;

d - його діаметр, d=0.01 м;

T - відстань від поверхні землі до середини стержня, м.

У разі установки заземлювального пристрою в неоднорідний ґрунт (двошаровий), еквівалентний питомий опір ґрунту знаходиться за формулою:

$$\rho_{ekv} = \frac{\psi \cdot \rho_1 \cdot \rho_2 \cdot L}{(\rho_1(L - H + t_g) + \rho_2(H - t_g))}$$

де  $\Psi$  - сезонний кліматичний коефіцієнт =1,9 (табл. 4.1);

$\rho_1, \rho_2$  - питомий опору верхнього і нижнього шару ґрунту відповідно,  $\rho_1 = \rho_2 = 250$  Ом·м;

H - товщина верхнього шару ґрунту, H =1м;

$t_g$  - заглиблення вертикального заземлювача (глибина траншеї)  $t_g = 0,7$  м.

Так як питомий опір ґрунту залежить від його вологості, для стабільності опору заземлювача і зменшення на нього впливу кліматичних умов, заземлювач розміщують на глибині не менше 0,7 м.

Заглиблення горизонтального заземлювача можна знайти за формулою:

$$T = \left(\frac{L}{2}\right) + t_g$$

Монтаж і установку заземлення необхідно проводити таким чином, щоб заземлюючий стрижень пронизував верхній шар ґрунту повністю і частково нижній.

Таблиця 4.1 - Значення сезонного кліматичного коефіцієнта опору ґрунту

Тип заземлюючих електродів	кліматична зона			
	I	II	III	IV
Стрижневий (вертикальний)	1.8 ÷ 2	1.5 ÷ 1.8	1.4 ÷ 1.6	1.2 ÷ 1.4
Смуговий (горизонтальний)	4.5 ÷ 7	3.5 ÷ 4.5	2 ÷ 2.5	1.5
	Кліматичні ознаки зон			
Середня багаторічна нижча температура (січень)	от -20 до +15	от -14 до +10	от -10 до 0	от 0 до +5
Середня багаторічна вища температура (липень)	от +16 до +18	от +18 до +22	от +22 до +24	от +24 до +26

$$T = \left(\frac{10}{2}\right) + 0.7 = 5.7$$

$$\rho_{ekv} = \frac{1.9 \cdot 250 \cdot 250 \cdot 10}{(250(10 - 1 + 0.7) + 250(1 - 0.7))} = 475$$

$$R_0 = \frac{475}{6.28 \cdot 10} \left( \ln \left( \frac{2 \cdot 10}{0.01} \right) + 0.5 \ln \left( \frac{4 \cdot 5.7 + 10}{4 \cdot 5.7 - 10} \right) \right) = 61.2 \text{ Ом}$$

Кількість стрижнів заземлення без урахування опору горизонтального заземлення знаходиться за формулою:

$$n_0 = \frac{R_0 \cdot \psi}{R_n}$$

$$n_0 = \frac{61.2 \cdot 1.9}{4} = 29.09 \text{ (приймаємо } = 29)$$

Опір розтікання струму для горизонтального заземлювача:

$$R_g = 0.366 \left( \frac{\rho_{ekv} \cdot \psi}{L_g \cdot \eta_g} \right) \cdot lg \left( \frac{2 \cdot L_g^2}{b \cdot t_g} \right)$$

де  $L_g$ ,  $b$  - довжина і ширина заземлювача,  $L_g=1$  м,  $b=0,2$  м;

$\Psi$  - коефіцієнт сезонності горизонтального заземлювача,  $\Psi=1,9$ ;

$\eta_g$  - коефіцієнт попиту горизонтальних заземлювачів,  $\eta_g=0,24$  [13].

Довжину самого горизонтального заземлювача знайдемо виходячи з кількості заземлювачів:

$$L_g = a \text{ (для контуру).}$$

де  $a$  - відстань між заземлювальними стрижнями.

$$R_g = 0.366 \left( \frac{475 \cdot 1.9}{1 \cdot 0.24} \right) \cdot lg \left( \frac{2 \cdot 1^2}{0.2 \cdot 0.7} \right) = 3660$$

Визначимо опір вертикального заземлювача з урахуванням опору розтікання струму горизонтальних заземлювачів:

$$R_v = \frac{R_g \cdot R_n}{R_g - R_n}$$

$$R_v = \frac{3660 \cdot 4}{3660 - 4} = 4.004$$

Загальна кількість вертикальних заземлювачів визначається за формулою:

$$n = \frac{R_0}{R_v \cdot \eta_v}$$

де  $\eta_v$  - коефіцієнт попиту вертикальних заземлювачів,  $\eta_v=0,45$ .

$$n = \frac{61.2}{4.004 \cdot 0.45} = 33.97$$

Приймаємо кількість вертикальних заземлювачів для забезпечення заданого опору рівним 34 шт.

## 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Одним з основних показників, за допомогою якого оцінюється економічна ефективність нової техніки, є величина капітальних вкладень [14].

До таких капітальних вкладень відносяться витрати на науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи, включаючи випробування і доопрацювання дослідних зразків.

Для визначення вартості конструкторської підготовки виробництва складається кошторис витрат з моменту отримання завдання до виготовлення і заводських випробувань дослідного зразка включно і коректування документації за наслідками цих подій.

### 5.1 Суми витрат по статтям кошторису

5.1.1 Зарплата розробників по етапам розраховується, виходячи з кількості технічної документації (схем, креслень, текстової документації), що розробляється, з використанням нормативів базового підприємства на розробку різних видів документації. Зарплата виконавців по кожному етапу є сумою добутків тривалості етапів в днях на денну ставку виконавця (по всім виконавцям).

Тривалість етапу визначається як добуток кількості листів розробленої документації на відповідну норму часу в нормо-годинах на розробку, поділене на число прийнятих розробників і середню тривалість робочого дня (8,0 годин) [15].

Денна ставка виконавця визначається відношенням місячного окладу до середнього числа робочих днів в місяці (22 дні).

В таблиці 5.1 приведений розрахунок заробітної плати розробників технічної документації бездротового пристрою керування для загородного будинку.

Таблиця 5.1 – Розрахунок зарплати розробників технічної документації

№	Найменування етапу розробки	Одиниця	К-ть креслень	Норматив часу на одиницю нормо-годин	Трудомісткість етапу люд-годин	Число виконавців	Тривалість етапу, днів	Денна ставка виконавців	Зарплата за етап, грн.
1	Схема електрична принципова	Схема ф.А1	1	1,5	5,5	1	0,188	318,2	59,7
2	Схема електрична структурна	Схема ф.А1	1	0,2	0,4	1	0,025	295,5	7,4
3	Складальне креслення	ф.А1	1	10	17,2	1	1,250	295,5	369,3
4	Креслення друкованої плати	ф.А1	1	1,3	2,3	1	0,163	331,8	53,9
5	Специфікація	ф.А4	2	0,5	1	1	0,125	318,2	39,8
6	Розрахунки	ф.А4	5	0,5	2,5	1	0,313	295,5	92,3
7	Поясню-вальна записка	ф.А4	60	0,2	12	1	1,50	295,5	443,2
Разом									1065,6

5.1.2 Зарплата на виготовлення і випробування дослідного зразка по всім етапам визначається таким чином: дослідний зразок виготовляється і випробується в лабораторії; тривалість цих робіт узяті з досвіду базового підприємства, а потім розраховані аналогічно розрахунку заробітної плати на розробку технічної документації див. табл. 5.1.

При визначенні зарплати на виготовлення дослідного зразка трудомісткість по видам робіт збільшена на 100% проти трудомісткості серійного виробу і підвищені розряди роботи на один з урахуванням ручних робіт в дослідному виробництві.

Таблиця 5.2 – Зарплата на виготовлення дослідного зразка

№	Вид робіт	Середній розряд робіт	Трудомісткість нормо-годин	Тарифна ставка, грн/год	Зарплата, грн.
1	Складальні	5	7	36,9	258,3
2	Монтажні	6	2	40,5	81
3	Регулювальні	5	1	45,7	45,8
Всього:					385,1

Зарплата виконавців на коректування документації визначається з трудомісткості розробки відповідних документів: коректування складає 15% цій трудомісткості.

5.1.3 Накладні витрати беруться у розмірі 40...120% сумарної зарплати розробників з урахуванням виготовлення і випробування дослідного зразка і коректування документації за наслідками випробувань.

5.1.4 Матеріальні витрати на зразок складаються з вартості матеріалів (табл. 5.3) і комплектуючих виробів (табл. 5.4) на проектувану апаратуру. При цьому, виходячи з обліку втрат, вартість матеріалів та комплектуючих збільшена на 30%.

Таблиця 5.3 – Вартість матеріалів

№	Найменування	Одиниця виміру	К-ть на виріб	Ціна за одиницю	Сума, грн
1	Стеклотекстоліт FR4	м <sup>2</sup>	0,018	2005,45	36,1
2	ПОС-61	кг	0,1	327,50	32,75
3	Лак	л	0,02	490,30	9,8
4	Флюс	л	0,08	145,00	11,6
Разом:					90,25

Таблиця 5.4 – Витрати на куповані комплектуючі вироби

№	Найменування	Кількість	Ціна одиниці	Сума, грн
1	Модуль	1	435	435
2	Конденсатор	1	5	5
3	DS18B20	2	30	60
4	Роз'єм 10А	1	25	25
5	Резистор	4	0,50	2
6	Діодний міст	1	15	15
Разом:				542

5.1.5 Собівартість дослідного зразка визначається за формою табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Калькуляція собівартості дослідного зразка

№	Стаття витрат	Витрати на проєктований виріб, грн.
1	Матеріали	90,25
2	Куповані комплектуючі вироби	542
3	Транспортні витрати (5% (п.1+п.2))	31,61
4	Заробітна платня виробничих робочих	385,1
5	Додаткова заробітна плата (10%п.4)	38,51
6	Нарахування на зарплату (37%(п.4+п.5))	142,48
7	ФЗП	
8	Накладні витрати (120% п.4)	462,12
Всього собівартість:		1692,07

5.1.6 В таблиці 5.6 приведено розрахунок кошторису витрат на конструкторську підготовку виробництва.



Таблиця 5.6 – Кошторис витрат на конструкторську підготовку виробництва

№	Стаття витрат	Сума, грн.
1	Зарплата розробників по всім етапам розробки	1065,6
2	Зарплата на коректування технічної документації за наслідками випробувань дослідного зразка (15% п.1)	159,84
3	Разом:	1225,44
4	Нарахування на зарплату (37% п.3)	453,41
5	Накладні витрати (120% п.3)	1470,53
6	Собівартість дослідного зразка	1692,07
7	Інші витрати	150
Всього вартість розробки:		6216,89

5.1.7 В таблиці 5.7 приведено розрахунок заробітної плати робочих в разі серійного виготовлення виробу.

Таблиця 5.7 – Зарплата робочих за виготовлення серійного виробу

№	Вид робіт	Середній розряд робіт	Трудомісткість нормо - год	Тарифна ставка, грн/год	Зарплата, грн
1	Складальні	4	2	36,9	73,8
2	Монтажні	5	1	40,5	40,5
3	Регулювальні	5	0,5	45,7	22,85
Всього:					137,15

5.1.8 Розрахунок планованої собівартості одиниці продукції проводиться на основі калькуляційних статей, враховуючи що комплектуючі та матеріали знижені на 30% по відношенню до таблиць 5.3 та 5.4, зведених в таблицю 5.8:

Таблиця 5.8 – Калькуляція собівартості і ціни одиниці виробу

№	Стаття витрат	Витрати на виріб, грн.
1	Матеріали	90,25
2	Куповані комплектуючі вироби	542
3	Транспортні витрати (5% п.1+п.2)	31,61
4	Основна заробітна плата виробничих робочих	137,15
5	Додаткова заробітна плата (10% п.4)	13,715
6	Нарахування на зарплату (37%(п.4+п.5))	55,82
7	Загальновиробничі витрати (100% п.4)	137,15
8	Разом собівартість	1692,07
9	Прибуток (30% п.8)	507,62
Ціна виробника		3207,03

## 5.2 Розрахунок терміну окупності розробки

Річний економічний ефект  $\mathcal{E}_Г$  від впровадження нових виробів розраховується по формулі [14]:

$$\mathcal{E}_Г = (\Pi - E_H \cdot K_v) \cdot A_Г, \quad (5.1)$$

де  $\Pi$  – прибуток на одиницю продукції (з табл. 5.8,  $\Pi=507,62$  грн. );

$E_H$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ( $E_H=0,15$ );

$K_v$  – питомі капіталовкладення на одиницю річного об'єму продукції;

$A_Г$  – річний об'єм випуску продукції при серійному виробництві.

Визначаємо питомі капіталовкладення на одиницю річного об'єму продукції:

$$K_v = \frac{K}{A_Г}, \quad (5.2)$$

де  $K$  – капіталовкладення в розробку виробу (з табл. 5.6,  $K = 6216,89$  грн.).

Враховуючи, що річний об'єм випуску продукції при серійному виробництві складає 100 шт/рік:

$$K_v = \frac{6216,89}{100} = 62,16.$$

Тоді передбачуваний річний економічний ефект:

$$\mathcal{E}_r = (507,62 - 0,15 \cdot 62,16) \cdot 100 = 49829 \text{ грн.}$$

Ефективність  $E$  розробки визначається згідно:

$$E = \frac{\mathcal{E}_r}{K}, \quad (5.3)$$

$$E = \frac{49829}{6216,89} = 8.$$

Термін окупності продукції  $T$  рівний зворотній величині ефективності:

$$T = \frac{1}{E}, \quad (5.4)$$

$$T = \frac{1}{8} = 0,125 \text{ року}$$

В таблиці 5.9 приводяться загальні економічні показники розробленого пристрою.

Таблиця 5.9 – Економічні показники

№	Показники	Один. виміру	По проектуваному виробу
1	Витрати на КПП	грн.	6216,89
2	Собівартість розробки	грн.	1692,07
3	Ціна підприємства	грн.	3207,03
4	Річний обсяг випуску	шт.	100
5	Річний економічний ефект	грн.	49829
6	Ефективність розробки		8
7	Термін окупності додаткових капітальних вкладень	років	0,125

Економічні розрахунки підтвердили доцільність розробки бездротового пристрою керування для загородного будинку для серійного виробництва.

## ВИСНОВКИ

У дипломному проекті проаналізовані питання розробки системи дистанційного керування побутовими приладами на основі опалення. Система може працювати автономно. Вартість даної системи менша, ніж у систем представлених на ринку. Система легка у складанні та установці. Вона дозволяє включити різні датчики, не розглянуті в даній роботі. Були розроблені коди програм для системи, а також написаний код сайту для керування системою.

При розробці системи було вивчено різні типи термодатчиків, мікроконтролерів та обігрівальних систем.

В рамках розробки пристрою були проаналізовані технологічні питання та детально розглянуто технологічний процес розробки плати друкованої.

Проведено розрахунки основних схемотехнічних рішень та обрано відповідні елементи.

В розрахунковій частині також було проведено розрахунки трансформатору для живлення системи.

Економічні розрахунки підтвердили доцільність розробки бездротового пристрою керування для загородного будинку для серійного виробництва. Строк окупності склав 0,25 року.

В розділі охорони праці проведено розрахунок захисного заземлення.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Огляд та перспективи використання платформи Arduino Nano 3.0 у вищій школі / О. М. Кривонос, Є. В. Кузьменко, С. В. Кузьменко // Інформаційні технології і засоби навчання. - 2016. - Т. 56, вип. 6. - С. 77-87. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN\\_2016\\_56\\_6\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2016_56_6_9)
2. ESP8266EX [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf)
3. Мікроелектронні сенсори фізичних величин. Т.1./ ред. З.Ю.Готри. – Львів: Ліга-Пресс, 2002. – 475 с.
4. Мікроелектронні сенсори фізичних величин. Т.2. / ред. З.Ю.Готри. – Львів: Ліга-Пресс, 2003. – 595 с.
5. MONK S. Programming Arduino: Getting Started With Sketches (2011) //ISBN-13. – С. 978
6. Розрахунок трансформаторів малої потужності [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://lib.chmnu.edu.ua/pdf/posibnuku/211/7.pdf>
7. САПР DipTrace [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://diptrace.com/ua>
8. Друковані плати [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.pselectro.ru/article/7/78>
9. Основи охорони праці: Л. Е. Винокурова, М. В. Васильчук, М. В. Гаман / Підручн. Для проф. - техн.. навч. Закладів. - 2-ге вид., допов., перероб. - К.: Вікторія, 2001. - 192 с.
10. Правила устройства электроустановок.- Х.:Изд-во "Форт",2009.704 с.
11. НАПБ Б.03.002-2007 Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
12. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы.
13. Теория по расчету защитного заземления. <http://www.mastercity.ru/vforum/attachment.php?s=d0aeaac68c0fd511e7430d2a5b22a6dd&attachmentid>

=13256&d=1166795840

14. Стуколов П.М. Организация, планирование и управление предприятиями электронной техники. –М.:Высш.шк., -1986.

15. Стуколов П.М. Экономика электронной промышленности.-М.:Высш.шк., - 1983

Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Изм. № докум.		Изм. № докум.		Изм. № докум.		Изм. № докум.		Изм. № докум.			
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание											
				<b>Документация</b>													
A1			EICПЗ Д2.190076.00.00.00.00.E1	Разработка бездротового пристрою керування													
				Схема електрична структурна													
A1			EICПЗ Д2.190076.00.00.00.00.E3	Разработка бездротового пристрою керування													
				Схема електрична принципа													
A1			EICПЗ Д2.190076.00.00.00.01.E3	Разработка бездротового пристрою керування													
				Джерело живлення													
				Схема електрична принципа													
A4			EICПЗ Д2.190076.00.00.00.00 СК	Разработка бездротового пристрою керування													
				Сбірне креслення													
A1			EICПЗ Д2.190076.00.00.00.00.00.D2	Разработка бездротового пристрою керування													
				Економічні показники													
A1			EICПЗ Д2.190076.00.00.00.00.00.D3	Разработка бездротового пристрою керування													
				Охрана праці													

EICПЗ Д2.190076.00.00.00.00

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ботузюв		20.05.23
Проб.		Шмаліу		
Нконтр.		Турішев		
Утв.		Критська		

Разработка бездротового пристрою керування

Лит.	Лист	Листов
		1

ІННІ ім. ЮМ Потебні ЗНУ  
E/1-18-103