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

_____*другий магістерський*_____
,(рівень вищої освіти)

на тему__*Дослідження та розробка мікроелектронної системи формування мікроклімату* _____

Виконав: студент (ка) __*II*__курсу, групи___*8.1763*__

Спеціальності_____*176*_____

_____*Мікро- та наносистемна техніка*_____
(код і назва спеціальності)

Освітньої програми *Мікроелектронні інформаційні_____ системи*_____

_____*М.С. Науменко* _____
(ініціали та прізвище)

Керівник _____*доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.т.н.*
_____*Верьовкін Л. Л.*_____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент_ *завідувач кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем, професор, д.т.н.* _____
_____*Коваленко В. Л.*_____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
20*24*

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 *другий (магістерський)*
Спеціальність 176 *Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва)

Освітня програма *Мікроелектронні інформаційні системи*
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *ЕІСПЗ*
Критська Т.В.
“ *10* ” *грудня* 20*24* року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Науменко Михайлу Сергійовичу
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи *Дослідження та розробка мікроелектронної системи формування мікроклімату*

керівник роботи *Верьовкін Леонід Леонідович*
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від *“30” вересня 2024 року №1483-с*

2. Строк подання студентом роботи *10 грудня 2024 року*

3. Вихідні дані до роботи *Для формування мікроклімату використати в системі мікроконтролер AVR серії Mega*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *Дослідження структурних елементів регуляторів мікроклімату. Розробка мікроелектронної системи формування мікроклімату господарських приміщень. Техніко-економічне обґрунтування. Охорона праці та техногенна безпека.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)
Вплив температури повітря на продуктивність праці. Структурна схема пристрою контролю за параметрами. Схема електрична принципова блока управління. Схема електрична принципова блока виведення інформації. Схема електрична принципова блока навантаження.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
I	*Верьовкін Л. .Л., доцент*	
II	*Верьовкін Л. Л., доцент*	
III	*Верьовкін Л. Л., доцент*	
IV	*Верьовкін Л. Л., доцент*	

7. Дата видачі завдання *28.02.2024 року*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	*Аналіз впливу параметрів мікроклімату на працездатність*	*25.09.2024*	
2	*Аналітичний огляд пристроїв зняття інформації*	*04.10.2024*	
3	*Розробка блоку управління та алгоритму роботи регулятора*	*25.10.2024*	
4	*Аналіз можливості використання мікроконтролерів AVR у системі формування мікроклімату*	*09.11.2024*	
5	*Розробка пристрою контролю за параметрами*	*16.11.2024*	
6	*Техніко - економічне обґрунтування розробки електронного приладу для психофізіологічної оцінки рівня стомленості людини*	*23.11.2024*	
7	*Охорона праці та техногенна безпека*	*30.11.2024*	
8	*Оформлення пояснювальної записки*	*04.12.2024*	
9	*Рецензування, нормоконтроль, підписання роботи*	*10.12.2024*	
10	*Оприлюднений захист магістерської роботи*	*13.12.2024*	

Студент _____ *Науменко М.А.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ *Верьовкін Л.Л.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер_____ *Верьовкін Л.Л.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить: 85 сторінок, 45 рисунків, 17 таблиць, 19 джерел літератури.

Об’єкт дослідження – мікроелектронні системи регулювання мікроклімату господарських приміщень.

Мета роботи – моделювання та розробка автоматичного регулятора температури та відносної вологості повітря.

Задачі роботи – створити алгоритм та програму роботи регулятора; розробити схему електричну принципову та печатну плату регулятора температури та відносної вологості.

Методика досліджень – моделювання пристрою за допомогою програмного забезпечення Proteus.

Короткий виклад результатів досліджень – на підставі аналізу існуючих регуляторів та особливостей побудови приладів на мікроконтролерах, змодельований ти створений робочий прототип регулятора температури та відносної вологості повітря.

Результати впроваджень – результати моделювання та розробки регулятора можуть бути використані у навчальному процесі на кафедрі ЕІСПЗ.

Прогнозні пропозиції – результати роботи можуть бути використані для підтримки температурного та вологістного режиму у межах санітарних норм у виробничих, житлових та приміщеннях спеціального призначення.

МІКРОКОНТРОЛЕР, ДАТЧИК, ТЕМПЕРАТУРА, ВІДНОСНА ВОЛОГІСТЬ ПОВІТРЯ, РЕГУЛЯТОР

Дипломну роботу виконано в Інженерному навчально-науковому інституті Запорізького національного університету на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення, з 02.09.2024 р. по 10.12.2024 р.

Зміст

Стор.

Вступ ……. 6
1. Дослідження структурних елементів регуляторів мікроклімату …… 8
1.1 Вплив параметрів мікроклімату на працездатність ……... 8
1.2 Загальна структура пристроїв контролю за параметрами об’єктів ….. 9
1.3 Технічні способи гальванічної розв’язки …… 11
1.4 Аналітичний огляд пристроїв зняття інформації …….. 13
1.4.1 Датчики температури ……. 14
1.4.2 Датчики вологості …….. 18
2 Розробка мікроелектронної системи формування мікроклімату господарських приміщень …… 24
2.1 Аналіз можливості використання мікроконтролерів AVR у системі формування мікроклімату …….. 24
2.1.2 Порти введення-виведення …… 29
2.2 Розробка пристрою контролю за параметрами …….. 31
2.2.1 Блок введення даних та навігація по інтерфейсу програми регулятора ……... 33
2.2.2 Блок датчиків …….. 38
2.2.3 Блок управління та алгоритм роботи регулятора …… 44
2.2.4 Блок виведення інформації …… 48
2.2.5 Блок навантаження ……. 50
2.3 Розрахунок споживаної потужності …… 55
2.4 Блок живлення ……... 55
3 Техніко-економічне обґрунтування розробки автоматичного регулятора мікроклімату …… 60
3.1 Економічний аспект роботи ……. 60
3.2 Рівні реалізації регулятора ……... 60

3.3 Обґрунтування вибору технології виготовлення схеми ……... 61
3.4 Розрахунок витрат на виробництво схеми регулятора температури та відносної вологості повітря …… 65
4 Охорона праці та техногенна безпека …… 67
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів …… 67
4.2 Заходи з поліпшення умов праці ……. 68
4.3 Виробнича санітарія …….. 71
4.4 Електробезпека …….. 72
4.5 Пожежна безпека. Техногенна безпека ……... 74
4.6 Розрахунок захисного заземлення ……... 76
Висновки та рекомендації …….. 79
Перелік посилань ……. 80
Додатки ……. 82

Вступ

Зниження трудомісткості процесу підтримки кліматичних умов в спеціалізованих приміщеннях є дуже актуальною проблемою. Це цілий комплекс заходів спрямованих на автоматизацію регулювання різних параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості повітря, освітленості, вологості ґрунту.

Кожного року населення планети Земля зростає. Скоро ця позначка досягне відмітки семи мільярдів. І зараз, як ніколи гостро, постає проблема з повноцінним харчуванням такої великої кількості людей. Дуже часто природа вносить негативні корективи в погодні умови, котрі знищують майже половину збору, або й навіть більше. І, на жаль, не в усіх частинах планети є можливість збирати врожай по два рази на рік. Для вирішення цієї поставленої задачі використовують теплиці. Кожного року їх кількість невпинно зростає, і з ними збільшується й асортимент сільськогосподарських культур, котрі починають вирощувати в цих промислових приміщеннях.

На допомогу приходять автоматичні регулятори – прилади, які підтримують заданий (регульований) рівень якоїсь величини без безпосередньої участі людини. Використання цих пристроїв сприяє економії електроенергії шляхом оптимізації роботи системи опалення, вентиляції, зовнішнього освітлення, поливу, різних пристроїв і приладів, які необхідно у потрібний час і на необхідний період вмикати, і вимикати.

Вологість повітря та температура у житловому приміщенні має великий вплив на самопочуття та стан здоров’я його мешканців. З цієї причини важливо підтримувати оптимальний мікроклімат за допомогою вимірювань показників вологості, температури, а також використання таких приладів, як обігрівачі, зволожувачі і системи вентиляції і кондиціонування.

Підтримка мікроклімату особливо важлива в тепличних комплексах, так як вирощувані рослини чутливі до вологості і температури повітря. Неве-

лике відхилення цих параметрів від норми тягне за собою різке зниження врожайності, а при сильному відхиленні може викликати і загибель рослин.

Розробка автоматичного регулятора відносної вологості та температури є актуальною задачею. Універсальність дозволятиме використовувати його як у сільськогосподарському секторі, для збільшення продуктивності виробництва, так і для підтримки санітарних норм мікроклімату у виробничих та житлових приміщеннях.

Програми розвитку промисловості передбачають впровадження новітніх комп'ютерних технологій в управлінні промисловими об'єктами, що також свідчить про актуальність даної теми, адже автоматизація мінімізує ризик людських помилок та при цьому покращить самі умови праці персоналу та підвищить культуру виробництва.

1. Дослідження структурних елементів регуляторів мікроклімату

1.1 Вплив параметрів мікроклімату на працездатність

Параметри мікроклімату справляють безпосередній вплив на самопочуття людини та її працездатність. Нормальний перебіг фізіологічних процесів, а отже, і гарне самопочуття можливе у випадку, коли тепло, яке виділяється організмом людини, постійно відводиться в навколишнє середовище. Якщо ж мікрокліматичні умови є незадовільними, у організмі людини починають відбуватися різні процеси, спрямовані на регулювання теплоутворення і тепловіддачі, для підтримання сталої температури тіла. При температурі повітря в межах 15-25 °С теплоутворення організму майже не змінюється (зона байдужості). Коли температура знижується, теплоутворення підвищується, головним чином, у зв’язку з підвищенням м'язової активності (з'являється тремтіння) та підсиленням обміну речовин. При підвищенні температури повітря мають місце зворотні явища. Встановлено, що при температурі повітря понад 25 °С працездатність людини починає падати. Вплив температури повітря на середню продуктивність праці наведений на рисунку 1.1 [1].

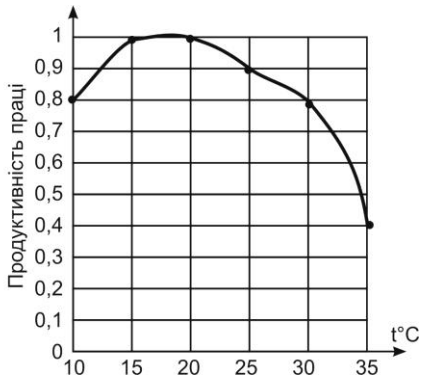


Рисунок 1.1 – Вплив температури повітря на продуктивність праці

Нормальна вологість в приміщенні – це важливий фактор, який допомагає підтримувати міцне здоров’я людей. Цей параметр залежний від пори ро-

ку. Коли настає опалювальний сезон, повітря в кімнаті нагрівається і стає сухим. І навпаки, якщо будівля погано прогрівається опалювальними приладами, спостерігається підвищена вологість. Особливо чутливими до вологості є метеозалежні люди, а також люди, які страждають на гіпертонічну хворобу, бронхіальну астму, захворюваннями серцево-судинної системи. При високій сухості повітря навіть здорові люди відчувають дискомфорт, сонливість, свербіж і роздратування шкірних покривів. Часто сухе повітря може спровокувати захворювання дихальної системи, починаючи з ГРЗ і ГРВІ, і закінчуючи навіть пневмонією.

У випадку, коли вологість знаходиться нижче норми, слизова оболонка носа починає пересихати, що значно знижує імунітет організму до вірусних захворювань. Погіршується процес дихання і знижується збагачення організму киснем. Також великою загрозою можуть бути різні алергічні реакції, викликані підвищеним вмістом мікроскопічних частинок пилу в кімнаті. Підвищена вологість призводить до появи та поширення грибка на стінах, спори яких послаблюють організм, потрапляючи до дихальних шляхів.

На підприємствах вологість повітря здатна впливати на збереження продукції і обладнання, а в сільському господарстві - на врожайність і т.д.

1.2 Загальна структура пристроїв контролю за параметрами об’єктів

Регулятор або керуючий пристрій - пристрій, який стежить за зміною деяких параметрів об'єкта управління (безпосередньо, або за допомогою спостерігачів) і реагує на їх зміну генерацією управляючих сигналів за певним алгоритмом.

В основі будь-якої системи автоматики лежить ряд основних елементів, а саме:

- датчики - це елементи систем автоматизації, які слугують для отримання інформації про реальний стан регульованого об'єкта. З їх допомогою

здійснюється зворотний зв'язок системи регулювання з об'єктом по кожному параметру (датчики температури, датчики тиску, вологості і т.д.). Вибір датчиків автоматичного управління здійснюється за умовами експлуатації, діапазону і необхідної точності вимірювань;

- регулятори - це один з основних елементів системи промислової автоматизації, що забезпечує управління виконавчими механізмами за показаннями різних датчиків;

- виконавчі механізми автоматизації являють собою виконавчі пристрої (механічні, електричні, гідравлічні)[2].

Автоматична система регулювання температури та вологості базується на керуючому приладі (рис. 1.2)

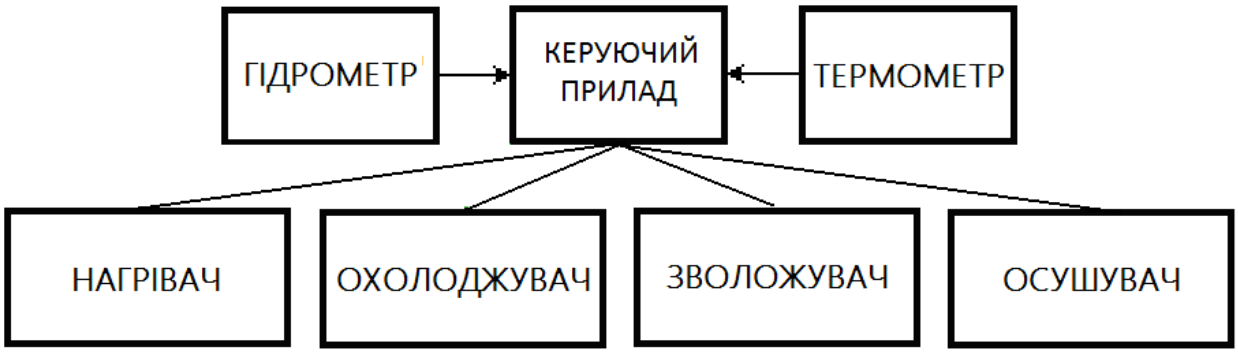


Рисунок 1.2 – Структурна схема регулятора температури та вологості

На керуючий прилад (контролер) з датчиків приходять сигнали, в залежності від встановлених користувачем верхнього та нижнього порогів та обраної логіки, відбувається спрацьовування реле (вмикання/вимикання) кіл нагрівача/охолоджувача та зволожувача/осушувача. Таким чином система автоматично, без безпосередньої участі людини, регулюватиме заданий рівень температури та відносної вологості.

1.3 Технічні способи гальванічної розв’язки

Гальванічна розв'язка - передача енергії або сигналу між електричними колами без електричного контакту між ними. Гальванічні розв'язки використовуються для передачі сигналів, для безконтактного управління і для захисту обладнання і людей від ураження електричним струмом [5].

Гальванічна розв'язка дозволяє забезпечити, зокрема, незалежність сигнального кола, оскільки формується незалежний контур струму сигнального кола щодо контурів струмів інших кіл, наприклад силового кола, при проведенні вимірювань і в колах зворотного зв'язку. Таке рішення корисне для забезпечення електромагнітної сумісності: підвищується перешкодозахищеність і точність вимірювань.

Безумовно, гальванічна розв'язка забезпечує і безпеку при роботі людей з електричним обладнанням.

Для забезпечення гальванічної розв'язки можуть бути використані різні технічні рішення:

- індуктивна (трансформаторна) гальванічна розв'язка, яка застосовується в трансформаторах і для ізоляції цифрових кіл (рис. 1.3) [3];

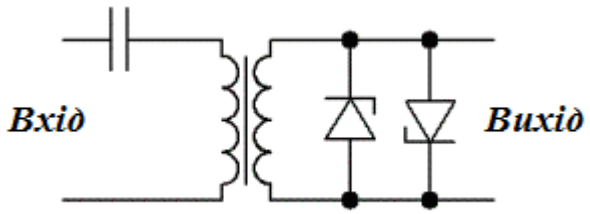


Рисунок 1.3 – Приклад індуктивної (трансформаторної) гальванічної розв'язки

- оптична розв'язка за допомогою оптрона (оптопара) або оптореле, застосування якої є типовим для багатьох сучасних імпульсних джерел живлення (рис. 1.4) [3];

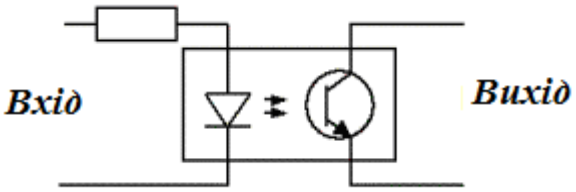


Рисунок 1.4 – Приклад оптичної гальванічної розв'язки

- ємнісна гальванічна розв’язка, коли сигнал подається через конденсатор;

- електромеханічна розв'язка за допомогою, наприклад, електромеханічного реле.

В даний час дуже широкого поширення набули два варіанти гальванічної розв'язки в схемах: трансформаторний і оптоелектронний.

Побудова гальванічної розв'язки трансформаторного типу передбачає застосування магнітно-індукційного елемента (трансформатора) з сердечником або без сердечника, вихідна напруга, що знімається з вторинної обмотки якого пропорційна вхідній напрузі пристрою. Однак, при реалізації цього способу, важливо врахувати наступні його недоліки:

- на вихідний сигнал можуть впливати перешкоди, створювані несучим сигналом;

- частотна модуляція розв'язки обмежує частоту пропускання;

- великі габарити.

Розвиток технології напівпровідникових пристроїв в останні роки розширює можливості побудови оптоелектронних вузлів розв'язки, заснованих на оптронах.

Принцип роботи оптрона простий: світлодіод випромінює світло, яке сприймається фототранзистором. Так здійснюється гальванічна розв'язка кіл, один з яких пов'язаний з світлодіодом, а інший - з фототранзистором.

Таке рішення має ряд переваг: широкий діапазон напруг розв'язки, аж до 500 вольт, що важливо для побудови систем введення даних, можливість

роботи розв'язки з сигналами частотою до десятків мегагерц, малі габарити компонентів.

Якщо не застосовувати гальванічну розв'язку, то максимальний струм, що протікає між колами, обмежується лише відносно невеликими електричними опорами, що може привести в результаті до протікання струмів, здатних завдати шкоди як компонентам кола, так і людям, які торкаються до незахищеного обладнання. Прилад, який забезпечує розв'язку, спеціально обмежує передачу енергії від одного кола до іншого [3].

1.4 Аналітичний огляд пристроїв зняття інформації

Датчик - це елемент вимірювального, сигнального, регулюючого або керуючого пристрою, що перетворює контрольовану величину (температуру, тиск, частоту, силу світла, електрична напруга, струм і т.д.) в сигнал, зручний для вимірювання, передачі, зберігання, обробки, реєстрації , а іноді і для впливу на керовані процеси.

Датчики, що використовуються досить різноманітні і можуть бути класифіковані за різними ознаками. За принципом дії датчики можна розділити на два класи: генераторні і параметричні (датчики-модулятори). Генераторні датчики здійснюють безпосереднє перетворення вхідної величини в електричний сигнал. Параметричні датчики вхідну величину перетворюють в зміну будь-якого електричного параметра (R, L або C) датчика.

За принципом дії датчики також можна розділити на омічні, реостатні, фотоелектричні (оптико-електронні), індуктивні, ємнісні і т.д.

Розрізняють три класи датчиків:

- аналогові датчики, тобто датчики, що генерують аналоговий сигнал, пропорційно зміні вхідної величини;

- цифрові датчики, які генерують послідовність імпульсів або двійкове слово;

- бінарні (двійкові) датчики, які генерують сигнал тільки двох рівнів: "включено / вимкнено" (інакше кажучи, 0 або 1); набули широкого поширення завдяки своїй простоті [4].

1.4.1 Датчики температури

Більшість технологічних процесів йде зараз по шляху автоматизації. Крім того, управління численними механізмами і агрегатами, а часто і машинами просто немислиме без точних вимірювань різних фізичних величин. Так як діапазон вимірювань і їх умови можуть сильно відрізняться один від одного, розроблені різні по точності, завадостійкості та швидкодії типи датчиків (і первинних перетворювачів). Якого б типу не був температурний датчик, загальним для всіх є принцип перетворення. А саме: температура, яка вимірюється, перетвориться в електричну величину (як раз за це і відповідає первинний перетворювач). Це обумовлено тим, що електричний сигнал просто передавати на великі відстані (висока швидкість прийому-передачі), легко і швидко обробляти (висока точність вимірювань та швидкодія) .

1) Терморезистивні термодатчики - засновані на принципі зміни електричного опору (напівпровідника або провідника) при зміні температури. Безперечні переваги термодатчиків цього типу це довгострокова стабільність, висока чутливість, а також простота створення інтерфейсних схем.

Залежно від матеріалів використовуваних для виробництва терморезистивних датчиків розрізняють.

- Резистивні детектори температури (РДТ). Ці датчики складаються з металу, найчастіше платини. Для вимірювань температур понад 600 °C може використовуватися також вольфрам. Мінусом цих датчиків є висока вартість і нелінійність характеристик.

- Кремнієві резистивні датчики. Переваги цих датчиків - хороша лінійність і висока довгострокова стабільністю. Також ці датчики можуть вбудовуватися прямо в мікроструктури.

2) Термістори. Ці датчики виготовляються з метал-оксидних сполук. Істотним недоліком термісторів є необхідність їх калібрування і велика нелінійність, а також старіння, однак при проведенні всіх необхідних налаштувань можуть використовуватися для прецизійних вимірювань.

3) Напівпровідникові датчики реєструють зміну характеристик p-n переходу під впливом температури. Як термодатчики можуть бути використані будь-які діоди або біполярні транзистори. Пропорційна залежність напруги на транзисторах від абсолютної температури (в Кельвіна) дає можливість реалізувати досить точний датчик.

Переваги таких датчиків - простота і низька вартість, лінійність характеристик, маленька похибка. Крім того, ці датчики можна формувати прямо на кремнієвої підкладці. Все це робить напівпровідникові датчики дуже затребуваними.

4) Термоелектричні перетворювачі - інакше, термопари. Вони діють за принципом термоелектричного ефекту, тобто завдяки тому, що в будь-якому замкнутому контурі (з двох різнорідних напівпровідників або провідників) виникне електричний струм, в разі якщо місця спаїв відрізняються по температурі. Таким чином, виходить, що термопари - це відносні датчики і вихідна напруга буде залежати від різниці температур двох частин. І майже не буде залежати від абсолютних їх значень.

Діапазон вимірюваних з їх допомогою температур, від – 200 °С до 2200 °С, і прямо залежить від використовуваних в них матеріалів. Наприклад, термопари з неблагородних металів - до 1100 °С. Термопари з благородних металів (платинова група) - від 1100 °С до 1600 °С. Якщо необхідно здійснювати вимірювання більш високих температур, використовуються жаростійкі сплави (основою служить вольфрам). Одним з недоліків термопари є досить велика похибка.

5) Пірометри - безконтактні датчики, які реєструють випромінювання, яке генерується нагрітими тілами. Основною перевагою пірометрів (на відміну від попередніх температурних датчиків) є відсутність необхідності помі-

щати датчик безпосередньо в контрольоване середовище. В результаті такого занурення часто відбувається спотворення досліджуваного температурного поля, не кажучи вже про зниження стабільності характеристик самого датчика.

Розрізняють три види пірометрів.

Флуоресцентні. При вимірюванні температури за допомогою флуоресцентних датчиків на поверхню об'єкта, температуру якого необхідно виміряти, наносять фосфорні компоненти. Потім об'єкт піддають дії ультрафіолетового імпульсного випромінювання, в результаті якого виникає випромінювання флуоресцентного шару, властивості якого залежать від температури. Це випромінювання детектується і аналізується.

Інтерферометричні. Інтерферометричні датчики температури засновані на порівнянні властивостей двох променів - контрольного і пропущеного через середовище, параметри якого змінюються в залежності від температури. Чутливим елементом цього типу датчиків найчастіше виступає тонкий кремнієвий шар, на коефіцієнт заломлення якого, а, відповідно, і на довжину шляху променю, впливає температура.

Датчики на основі розчинів, які змінюють колір при температурному впливі. У цьому типі датчиків-пірометрів застосовується хлорид кобальту, розчин якого має тепловий зв'язок з об'єктом, температуру якого необхідно виміряти. Коефіцієнт поглинання видимого спектру у розчину хлориду кобальту залежить від температури. При зміні температури змінюється величина світла, яке проходить через розчин.

6) Акустичні термодатчики - використовуються переважно для вимірювання середніх і високих температур. Акустичний датчик побудований на принципі того, що в залежності від зміни температури, змінюється швидкість поширення звуку в газах. Складається з випромінювача і приймача акустичних хвиль (просторово рознесених). Випромінювач випускає сигнал, який проходить через досліджуване середовище, в залежності від температури

швидкість сигналу змінюється і приймач після отримання сигналу визначає цю швидкість.

Такі датчики використовуються для визначення температур, які не можна виміряти контактними методами. Також застосовуються в медицині для неінвазивних (без операційного проникнення всередину тіла хворого) вимірювання глибинної температури, наприклад, в онкології. Недоліками таких вимірювань є те, що при дотику вони можуть викликати відповідні фізіологічні реакції, що в свою чергу тягне до спотворення вимірюваної глибинної температури. Крім того, можуть виникати відбиття на кордоні «датчик-тіло», що також здатне викликати похибки.

7) П'єзоелектричні термодатчики. У датчиках цього типу головним елементів є кварцовий п’єзорезонатор. Як відомо п’єзоматеріал змінює свої розміри під впливом струму (прямий п'єзоефект). На цей п’єзоматеріал поперемінно передається напруга різного знака, від чого він починає коливатися. Це і є п’єзорезонатор. З'ясовано, що частота коливань цього резонатора залежить від температури, це явище і покладено в основу п'єзоелектричного датчика температури [5].

Датчики температури можуть бути кімнатного і зовнішнього (атмосферного) виконання; накладними на трубопровід (для контролю температури поверхні трубопроводу) або канальними (для вимірювання температури повітря в повітроводі). Монтаж накладних датчиків здійснюється безпосередньо на поверхні труби, забезпечуючи якомога кращий теплової контакт. Канальні датчики монтуються перпендикулярно напрямку потоку повітря в повітроводі. Датчики кімнатного виконання монтуються на висоті 1,5 м. Від підлоги, в нейтральному щодо джерел тепла і холоду місці. Монтаж атмосферних датчиків здійснюється поблизу одного з кутів будівлі, на 2/3 його висоти, на вітряній стороні. Кімнатні датчики температури служать для вимірювання температури повітря безпосередньо в приміщеннях. Контролер порівнює поточне значення з заданим і дає команду на виконавчий механізм [2].

1.4.2 Датчики вологості

Прилад, яким вимірюють рівень вологості, називається гігрометром або просто датчиком вологості.

За принципом дії, гігрометри діляться на: ємнісні, резистивні, термісторні, оптичні, електронні [6].

1) Ємнісні гігрометри, в найпростішому випадку, є конденсаторами з повітрям в якості діелектрика в зазорі. Відомо, що у повітря діелектрична проникність безпосередньо пов'язана з вологістю, а зміни вологості діелектрика призводять і до змін в ємності повітряного конденсатора.

Більш складний варіант ємнісного датчика вологості - коли в повітряному проміжку міститься діелектрик, з діелектричною проникністю, яка може сильно змінюватися під впливом на нього вологості. Даний підхід робить якість датчика краще, ніж просто з повітрям між обкладинками конденсатора.

Другий варіант добре підходить для проведення вимірювань щодо вмісту води в твердих речовинах. Досліджуваний об'єкт розміщується між обкладинками такого конденсатора, наприклад об'єктом може бути таблетка, а сам конденсатор приєднується до коливального контуру і до електронного генератору, при цьому вимірюється власна частота отриманого контуру, і по виміряної частоті «обчислюється» ємність, отримана при внесенні досліджуваного зразка (рис. 1.5) [7].

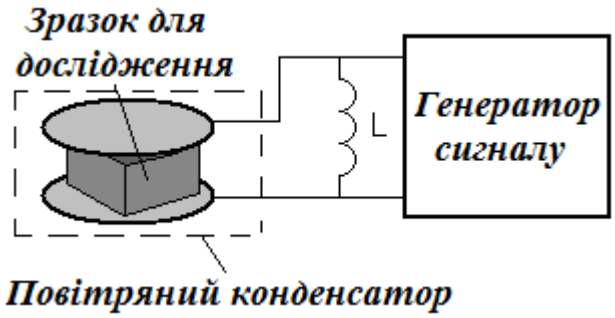


Рисунок 1.5 – Ємнісний гігрометр

Безумовно, даний метод має і деякі недоліки, наприклад при вологості зразка нижче 0,5% він буде неточним, крім того, вимірюваний зразок повинен бути очищений від часток, що мають високу діелектричну проникність, до того ж важлива і форма зразка в процесі вимірювань, вона не повинна змінюватися в ході дослідження.

Третій тип ємнісного датчика вологості - це ємнісний тонкоплівковий гігрометр (рис. 1.6) [7]. Він включає в себе підкладку, на яку нанесені два гребінчастих електрода. Гребінчасті електроди грають в даному випадку роль обкладок. З метою термокомпенсації в датчик додатково вводять ще й два термодатчики.

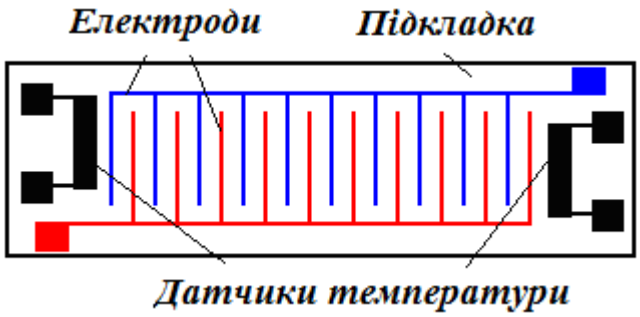


Рисунок 1.6 – Структура тонкоплівкового гігрометра

2) Резистивний датчик вологості включає в себе два електроди, які нанесені на підкладку, а поверх на самі електроди нанесено шар матеріалу, який відрізняється досить малим опором, проте, сильно змінним залежно від вологості (рис. 1.7) [7].

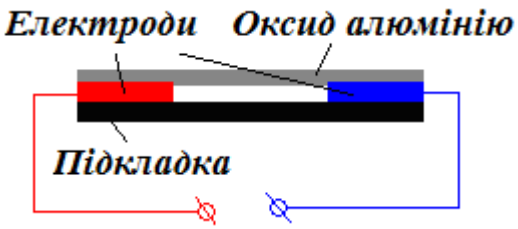


Рисунок 1.7 – Структура резистивного гігрометра

Відповідним матеріалом в пристрої може виступати оксид алюмінію. Даний оксид добре поглинає із зовнішнього середовища воду, при цьому пи-

томий опір його помітно змінюється. В результаті загальний опір кола вимірювання такого датчика буде значно залежати від вологості. Так, про рівень вологості судять виходячи з величини струму, що протікає. Перевагою датчиків такого типу є їх низька вартість.

3) Термісторний гігрометр складається з пари однакових термісторів. Термістор - це нелінійний електронний компонент, опір якого сильно залежить від його температури. Один з включених в схему термісторів розміщують в герметичній камері з сухим повітрям. А інший - в камері з отворами, через які в неї надходить повітря з характерною вологістю, яку потрібно виміряти. Термістори з'єднують за мостовою схемою, на одну з діагоналей моста подається напруга, а з іншої діагоналі зчитують покази (рис. 1.8) [7].

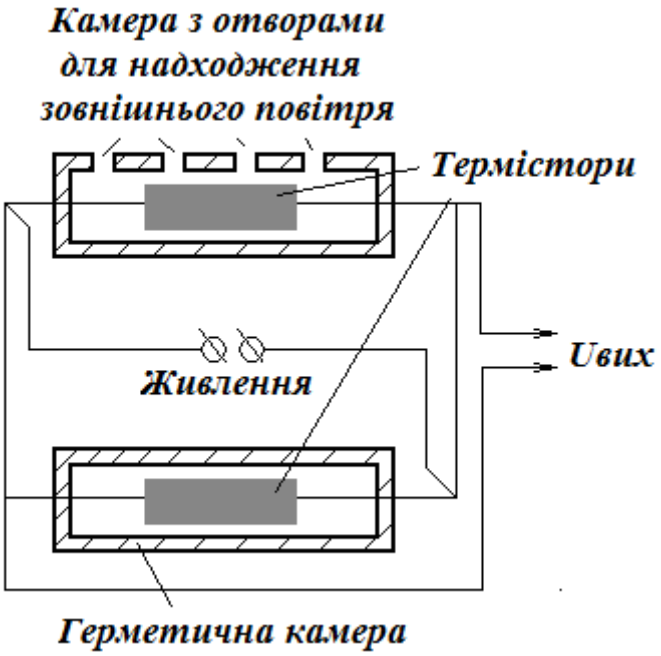


Рисунок 1.8 – Термісторний гігрометр

У разі, коли напруга на вихідних клемах дорівнює нулю, температури обох компонентів рівні, отже однакова і вологість. У разі, коли на виході буде отримано не нульова напруга, то це свідчить про наявність різниці рівнів вологості в камерах. Так, за значеннями отриманих при вимірах напруг визначають вологість. При збільшеній вологості, з корпусу термістора починає випаровуватися волога, при цьому температура корпусу зменшується, і чим

вище вологість, тим інтенсивніше відбувається випаровування, і тим стрімкіше остигає термістор.

4) Оптичний (конденсаційний) датчик вологості. Цей вид датчиків найбільш точний. В основі роботи оптичного датчика вологості - явище пов'язаної з поняттям «точка роси». У момент досягнення температурою точки роси, газоподібна і рідка фази - в умови термодинамічної рівноваги. Так, якщо взяти скло, і встановить в газоподібному середовищі, де температура в момент дослідження вище точки роси, а потім почати процес охолодження даного скла, то при конкретному значенні температури на поверхні скла почне утворюватися водяний конденсат, це водяна пара стане переходити в рідку фазу. Дана температура і буде якраз точкою роси. Ця температура нерозривно пов'язана і залежить від таких параметрів як вологість і тиск в навколишньому середовищі. В результаті, маючи можливість вимірювання тиску і температури точки роси, вийде легко визначити і вологість. Цей принцип є основою для функціонування оптичних датчиків вологості. Найпростіша схема такого датчика складається з світлодіода, що світиться на дзеркальну поверхню (рис. 1.9) [7]. Дзеркало ж відбиває світло, змінюючи його напрям, і направляючи на фотодетектор. В даному випадку дзеркало можна підігрівати або охолоджувати за допомогою спеціального пристрою регулювання температури високої точності. Часто таким пристроєм виступає термоелектричний насос. Також на дзеркало встановлюють датчик для вимірювання температури.

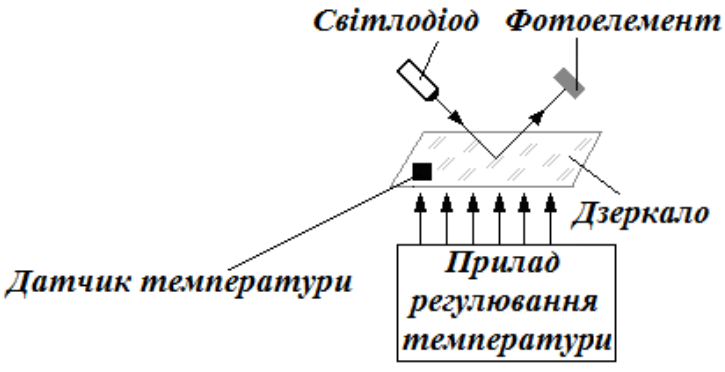


Рисунок 1.9 – Схема роботи оптичного (конденсаційного) датчика вологості

Перш ніж почати вимірювання, температуру дзеркала виставляють на значення, яке свідомо вище температури точки роси. Далі здійснюють поступове охолодження дзеркала. У момент, коли температура почне перетинати точку роси, на поверхні дзеркала почнуть конденсуватися краплі води, і світловий промінь від діода заломиться через них, розсіється, а це призведе до зменшення струму в ланцюзі фотодетектора. Через зворотний зв'язок фотодетектор взаємодіє з регулятором температури дзеркала.

Аналізуючи інформацію, отриману в формі сигналів від фотодетектора, регулятор температури стане утримувати температуру на поверхні дзеркала точно рівною точці роси, а термодатчик відповідно покаже температуру. При відомих тиску і температурі можна точно визначити основні показники вологості.

Оптичний датчик вологості має найвищу точністю, недосяжною іншими типами датчиків, плюс відсутність гістерезису. Недолік - найвища ціна з усіх, плюс велике споживання електроенергії. До того ж необхідно стежити за тим, щоб дзеркало було чистим.

5) Електронний гігрометр. Принцип роботи електронного датчика вологості повітря заснований на зміні концентрації електроліту, що покриває собою будь-який електроізоляційний матеріал. Існують такі прилади з автоматичним підігрівом з прив'язкою до точки роси. Популярні і прості електронні гігрометри в формі двох електродів, які просто встромляються в ґрунт, контролюючи його вологість за ступенем провідності. Такі сенсори дозволяють легко налаштувати автоматичний полив грядки або квітки в горщику, на випадок якщо поливати в ручну не зручно (рис. 1.10) [7].

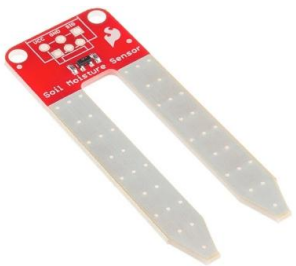


Рисунок 1.10 – Електронний гігрометр

Метою роботи являється розробка мікроелектронної системи формування мікроклімату.

Для досягнення поставленої меті необхідно вирішити наступні завдання:

- дослідити особливості реалізації алгоритмів для управління мікроконтролером;

- розробити схему електричну принципову регулятора температури та відносної вологості;

- створити алгоритм та програму роботи мікроконтролера;

- провести аналіз функціонування розробленого пристрою.

2 Розробка мікроелектронної системи формування мікроклімату господарських приміщень

2.1 Аналіз можливості використання мікроконтролерів AVR у системі формування мікроклімату

Мікроконтролерна система включає мікроконтролер, блоки пам'яті для збереження коду програм і даних, порти введення-виведення і блоки зі спеціальними функціями (лічильники, компаратори, АЦП та інші). Використовується для керування електронними пристроями і здатний виконувати прості завдання. Застосування мікроконтролерів значно знижує енергоспоживання, розміри і вартість пристроїв, побудованих на їх базі.

Мікроконтролери можна зустріти в багатьох сучасних приладах, таких як пральні машини, пилососи, телефони та ін., вони керують роботою двигунів і систем гальмування сучасних автомобілів, з їх допомогою створюються системи контролю і системи збору інформації. Переважна більшість процесорів, що випускаються у світі – мікроконтролери [8].

Серцем мікроконтролерів AVR є 8-бітове мікропроцесорне ядро, побудоване на принципах RISC-архітектури, ще його називають центральним процесорним пристроєм (ЦПП). Арифметико-логічний пристрій (АЛП) є основою цього блоку. АЛП підключений до регістрів загального призначення РЗП (General Purpose Registers - GPR). Існує 32 регістра загального призначення, вони мають байтовий формат, тобто кожен з них складається з восьми біт. До них можна звертатися двома способами (як до регістрів і як до пам'яті). Таке рішення підвищує продуктивність мікроконтролера, його ефективність роботи і є особливістю AVR.

Архітектура мікроконтролерів AVR серії Mega наведена на рисунку 2.1 [9].

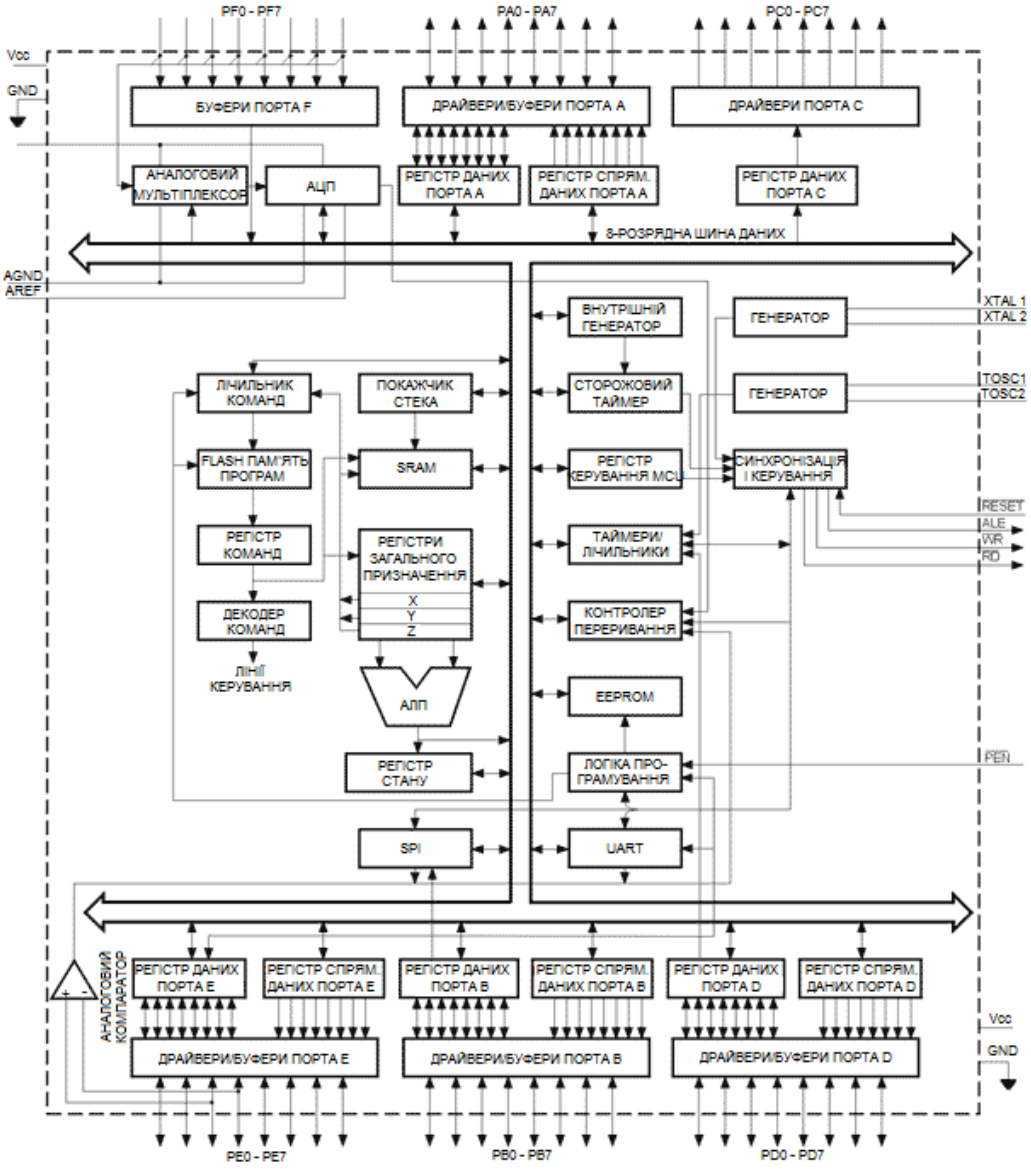


Рисунок 2.1 - Архітектура мікроконтролерів AVR серії Mega

Відмінність між оперативною пам'яттю і регістрами полягає в тому, що в оперативну пам'ять можна тільки записувати дані з регістрів, а з регістрами можна робити будь-які операції (арифметичні, логічні, бітові).

У мікроконтролерах AVR реалізована Гарвардська архітектура, це означає, що адресні простори пам'яті даних і пам'яті програм, а також шини доступу до них розділені. Кожна з областей пам'яті даних (оперативна пам'ять і EEPROM) також розташована в своєму адресному просторі.

Пам'ять програм має 16-ти бітну організацію і призначена для зберігання послідовності команд, які відповідають за функціонування мікроконтролера. Всі AVR мають Flash-пам'ять програм, яка може бути різного розміру

- від 1 до 256 тисяч байт. Вона побудована на принципі електричної перепрограмованої пам’яті, тобто дозволяє багатократне стирання і запис інформації. Програма заноситься в Flash-пам'ять AVR як за допомогою звичайного програматора, так і за допомогою SPI-інтерфейсу.

Гарантоване число циклів перезапису Flash-пам'яті у мікроконтролерів AVR другого покоління становить не менше 10 тисяч циклів.

Пам'ять даних розділена на три частини: енергонезалежна пам'ять (ЕСППЗП або EEPROM), регістрова пам'ять, оперативна пам'ять (ОЗП - оперативний запам'ятовуючий пристрій або RAM).

EEPROM - пам’ять що використовується для довготривалого зберігання інформації, яка може змінюватися в процесі функціонування мікроконтролера і доступна програмі мікроконтролера безпосередньо в ході її виконання. Цей вид пам’яті зручний для зберігання різних констант, ключів, проміжних даних, коефіцієнтів і т.д. EEPROM може бути завантажена ззовні як за допомогою звичайного програматора, так і через SPI інтерфейс. Число циклів стирання / запис - не менше 100 тисяч.

Регістрова пам'ять включає 32 регістри загального призначення (РЗП або GPR) і службові регістри введення / виведення (РВВ), в яких розташовані різні службові регістри (регістри стану, регістри налаштування роботи виводів мікроконтролера і т.п.), а також регістри управління периферійними пристроями, що входять до складу мікроконтролера. По суті, управління мікроконтролером полягає в управлінні цими регістрами.

Внутрішня оперативна статична пам'ять Static RAM (SRAM) використовується для оперативного зберігання даних і має байтовий формат. Її об’єм може варіюватися у різних чипів від 64 Байт до 4 КБ. Число циклів запису і зчитування не обмежена, але при відключенні напруги живлення вся інформація втрачається.

Периферія мікроконтролерів AVR включає: порти (від 3 до 48 незалежних ліній введення і виведення), таймери-лічильники, сторожовий таймер, 10-розрядний 8-канальний АЦП, підтримку зовнішніх переривань, аналогові

компаратори, інтерфейси UART, JTAG і SPI, широтно-імпульсні модулятори і т.д.

Кожна лінія порту мікроконтролера AVR може бути запрограмована на вхід або на вихід і забезпечує струмову навантажувальну здатність 20 мА. Загальне струмове навантаження на всі лінії одного порту не повинне перевищувати 80 мА (всі значення наведено для напруги живлення 5 В).

До складу мікроконтролерів AVR також входять від 1 до 4 таймерів/лічильників з розрядністю 8 або 16 біт, які можуть працювати як від внутрішнього джерела тактової частоти, так і від зовнішніх подій.

Вони використовуються для точного формування часових інтервалів, послідовностей імпульсів та їх підрахунку на виводах мікроконтролера. У режимі ШІМ (PWM) таймер/лічильник використовується як широтно-імпульсний модулятор, який генерує сигнал з заданою частотою і шпаруватістю. Оскільки основне застосування мікроконтролери знаходять в системах реального часу, таймери / лічильники є одним з найбільш важливих елементів.

Сторожовий таймер (WatchDog Timer) призначений запобігти катастрофічних наслідків від випадкових збоїв програми. Принцип роботи сторожового таймера полягає у його регулярному скиданні під час роботи програми. Якщо програма працює нормально, то команда скидання сторожового таймера повинна регулярно виконуватися, зберігаючи процесор від скидання. Якщо ж мікропроцесор випадково вийшов за межа програми (наприклад, від сильної перешкоди на колі живлення) або зациклився на якій-небудь ділянці програми, команда скидання сторожового таймера не буде виконуватися, це призведе до повного скидання процесора, ініціалізації всіх регістрів і приведе систему в робочій стан.

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) служить для отримання числового значення напруги, поданого на його вхід. Цей результат зберігається в регістрі даних АЦП.

Всі мікроконтролери AVR мають багаторівневу систему переривань. Переривання визначається внутрішньою або зовнішньою подією і припиняє нормальний хід програми для виконання пріоритетного завдання. Для цього розробляється окрема програма, яку називають підпрограмою переривання.

При виникненні події, яка викликає переривання, мікроконтролер зберігає вміст лічильника команд, перериває виконання центральним процесором поточної програми і переходить до виконання підпрограми переривання.

Після виконання підпрограми переривання здійснюється відновлення попередньо збереженого лічильника команд і процесор повертається до виконання перерваної програми.

Аналогові компаратори також входять до складу мікроконтролерів AVR. Вони порівнюють напруги на двох виводах мікроконтролера. Результатом порівняння буде логічне значення, яке може бути прочитане з програми.

Для організації інформаційного каналу обміну мікроконтролера з іншими приладами в AVR використовується універсальний асинхронний або універсальний синхронно / асинхронний приймач (Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter - UART або USART) - зручний і простий послідовний інтерфейс. Він здатний працювати в дуплексному режимі (одночасна передача і прийом даних), а також підтримує протокол стандарту RS-232, що забезпечує можливість організації зв'язку з персональним комп'ютером.

Також в мікроконтролерах AVR присутній послідовний периферійний трьохпровідний інтерфейс SPI (Serial Peripheral Interface), призначений для організації обміну даними між двома пристроями. За допомогою цього інтерфейсу зручно проводити обмін даними між декількома мікроконтролера AVR. Крім того, через інтерфейс SPI може здійснюватися програмування мікроконтролера.

Двохпровідний послідовний інтерфейс TWI (Two-wire Serial Interface) дозволяє об'єднати разом до 128 різних пристроїв з допомогою двобічної шини, що складається з лінії тактового сигналу (SCL) і лінії даних (SDA).

Інтерфейс JTAG використовується для тестування печатних плат, внутрішньосхемного налагодження, програмування мікроконтролерів. Усі мікроконтролери серії Mega з флеш-пам'яттю ємністю 16 кБайт і більше можуть програмуватися через інтерфейс JTAG.

Тактовий генератор генерує імпульси для синхронізації роботи всіх вузлів мікроконтролера. Внутрішній тактовий генератор AVR може запускатися від декількох джерел опорної частоти (зовнішній генератор, зовнішній кварцовий резонатор, внутрішнє чи зовнішнє RC-коло). Мінімальна допустима частота нічим не обмежена (аж до покрокового режиму). Максимальна робоча частота визначається конкретним типом мікроконтролера і вказується Atmel в його характеристиках.

Мікроконтролери AVR функціонують при напругах живлення від 1,8 до 6,0 В. Струм споживання в активному режимі залежить від величини напруги живлення і частоти, на якій працює мікроконтролер, і становить менше 1 мА для 500 кГц, 5 ...6 мА для 5 МГц і 8 ...9 мА для частоти 12 МГц [10].

2.1.2 Порти введення-виведення

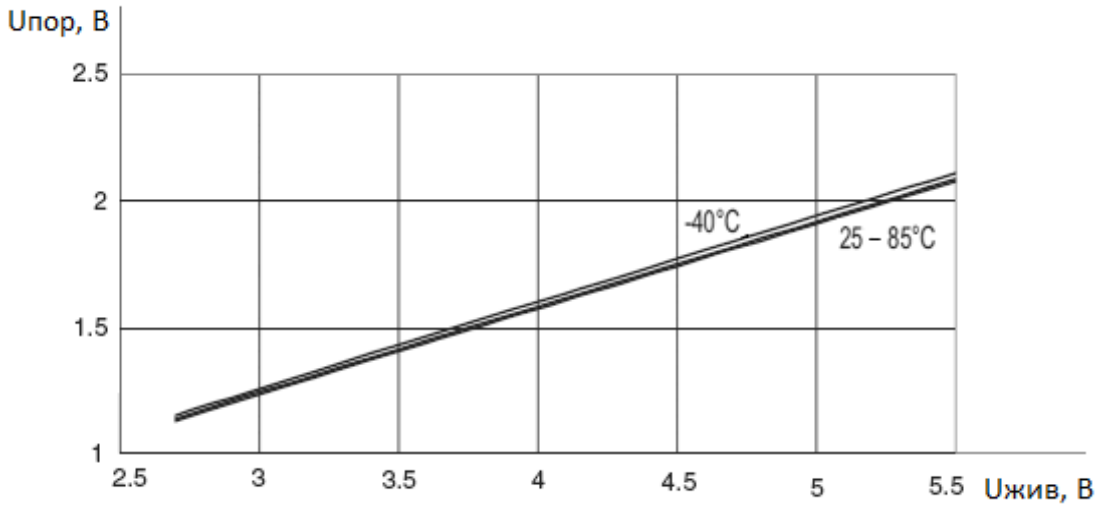
Порти введення/виведення - основні периферійні модулі, які завжди є в будь-якому мікроконтролері.

Для програми порти, як і будь-яка інша периферія, представлені регістрами введення-виведення. З точки зору програмування на С регістри можна розглядати як змінні, оголошені в стандартному заголовному файлі (avr/io.h). Кожен біт в регістрі управління однозначно відповідає одному фізичному виводу контролера.

Очевидно, що дані можуть надходити як до МК, так і з нього до зовнішніх пристроїв. Таким чином, порти можуть працювати або на вхід, або на вихід. Напрямок роботи кожного виводу може здаватися незалежно. Для цього служить регістр DDRx, де x – буква порту.

Одиничний біт в DDRx означає, що відповідний вивід налаштована на вихід, нуль - на вхід. Для управління виводами, налаштованими на вихід, використовується регістр PORTx. Одиниця в PORTx означає, що на відповідний вивід буде подано напругу живлення; в разі запису туди нуля пін буде підключений до загального проводу. Для читання стану виводів, налаштованих на вхід, служить регістр PINx. Аналогічно, прочитана одиниця означає, що на виводі ззовні подано напругу логічної одиниці, нуль - що на ніжку подано логічний нуль.

На рисунку 2.2 [11] зображена залежність порогової напруги перемикання з "0" в "1" від напруги живлення мікроконтролера (МК).



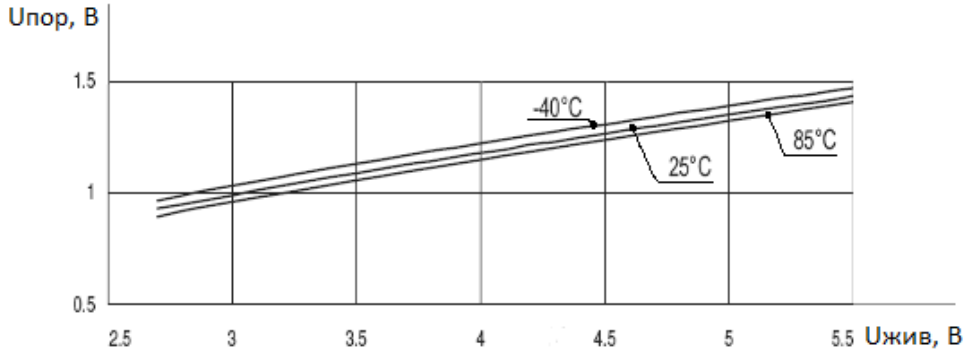
Рисунку 2.2 - Залежність порогової напруги перемикання з "0" в "1" від напруги живлення МК

За графіком при напрузі живлення МК 5 В цей поріг приблизно 1,9 В в діапазоні температур від –40 до +85 °С.

Якщо спочатку напруга на виводі МК (ліва вертикальна шкала графіка) відповідала рівню логічного нуля і лежала нижче лінії графіка, то при досягнення напруги на виводі цієї лінії графіка - МК починає вважати, що на ніжці присутня логічна одиниця - "1".

Але є ще й гарантоване значення напруги при перевищенні якого МК буде вважати, що на виводі з'явилася напруга, яка відповідає логічній одиниці. Воно дорівнює 60% від напруги живлення МК – для 5В це буде 3В.

На рисунку 2.3 [11] зображена залежність порогової напруги перемикання з "1" в "0" від напруги живлення МК.



Рисунку 2.3 - Залежність порогової напруги перемикання з "1" в "0" від напруги живлення МК

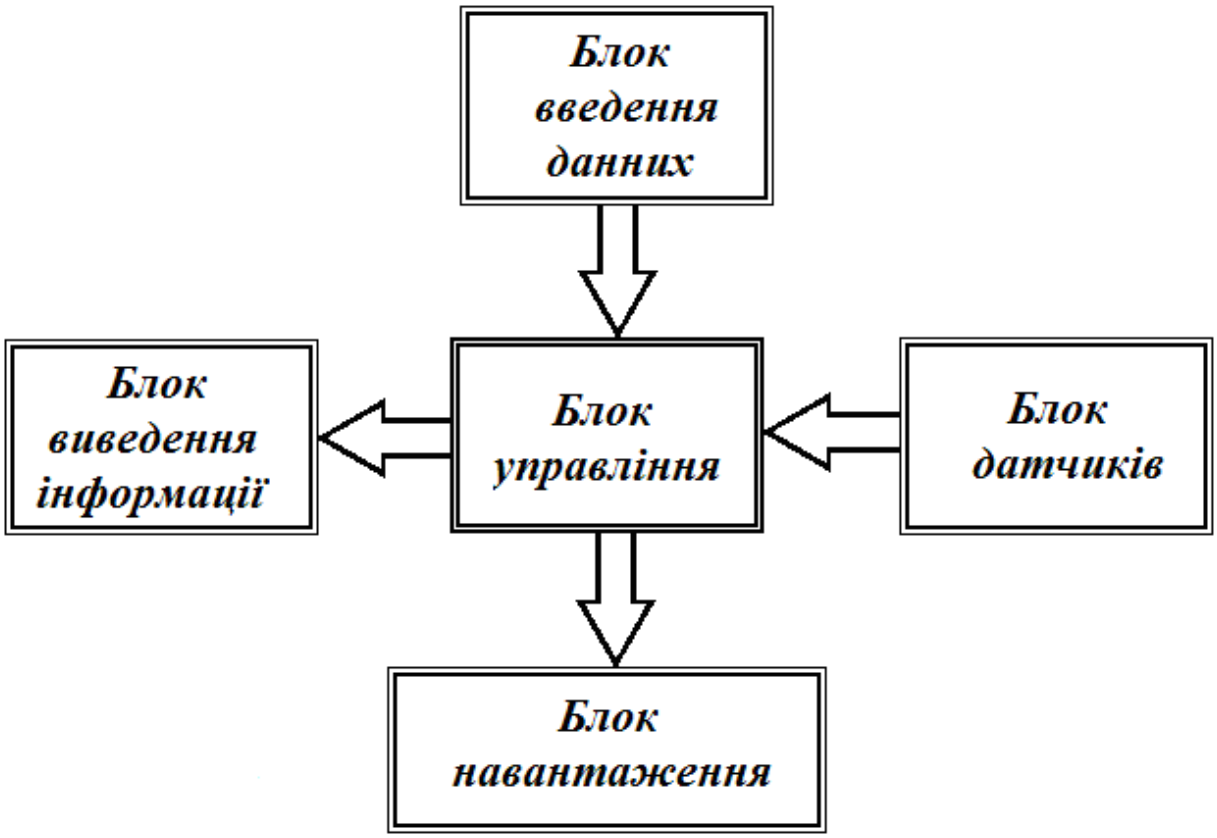
За графіком при напрузі живлення МК 5 В цей поріг приблизно 1.3-1.4 В в діапазоні температур від –40 до +85 °С.

Якщо спочатку напруга на виводі МК (ліва вертикальна шкала графіка) відповідала рівню логічної одиниці і лежала вище лінії графіка, то при зниженні рівня напруги на виводі до лінії графіка - МК починає вважати, що на ніжці присутня логічний нуль - "0".

Але знову існує гарантоване значення напруги нижче якого МК буде вважати, що на виводі з'явилася напруга логічного нуля. Воно дорівнює 20% від напруги живлення МК - для 5 вольт це буде 1 вольт [11].

2.2 Розробка пристрою контролю за параметрами

Структурна схема пристрою контролю за параметрами наведена на рисунку 2.4.

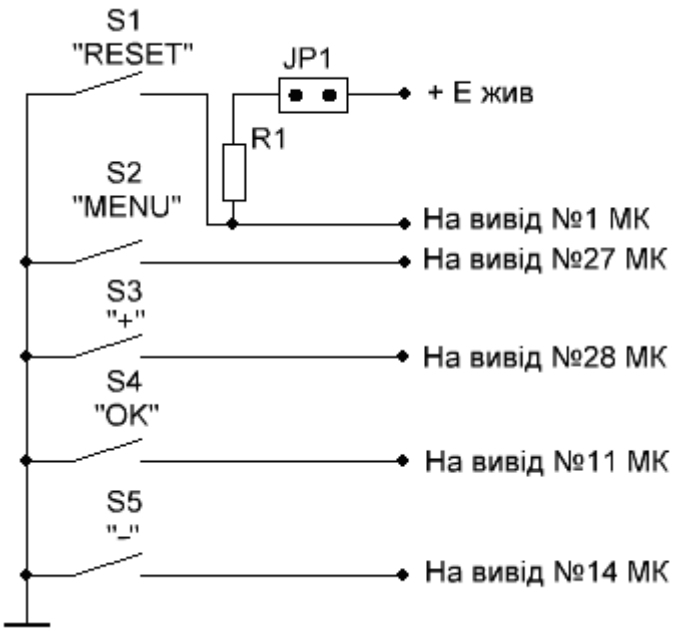


Рисунку 2.4 - Структурна схема пристрою контролю за параметрами

Блок введення даних, виконано у вигляді клавіатури. Цей блок дає змогу користувачу налаштувати прилад згідно своїх потреб. Вказана інформація передається у блок управління, функціональним завданням якого є обробка даних отриманих з клавіатури, керування навантаженням, постійним моніторингом сигналів, які надходять з блоку датчиків, а також генерації необхідної інформації для відправки на блок виводу. Блок датчиків, реалізовано за допомогою датчика температури та відносної вологості, який постійно відправляє дані на блок управління. В залежності від налаштувань приладу та показників датчиків, блок управління генерує сигнали управління, які йдуть на блок навантаження для підтримки даних параметрів мікроклімату у заданих межах, шляхом увімкнення або вимкнення кіл нагрівача, охолоджувача, зволожувача та осушувача повітря. Блок виводу реалізований за допомогою дисплея, який відображає усю необхідну інформацію для користувача.

2.2.1 Блок введення даних та навігація по інтерфейсу програми регулятора

Блок введення інформації реалізований у вигляді клавіатури, яка складається с 5 кнопок і зображена на рисунку 2.5. Кожна кнопка приєднується до відповідного виводу мікроконтролера і має своє функціональне призначення. Підтягуючий резистор R1 опором 10 кОм необхідний для уникнення випадкового перезавантаження мікроконтролера у випадку зовнішніх перешкод, окрім того він виключає можливість короткого замикання при натисненні кнопки “RESET”. Перемичка JP1 необхідна для можливості перепрограмування контролера прямо на платі, у цьому випадку її необхідно зняти, після перепрограмування, для відновлення роботи приладу, її необхідно встановити.



Рисунку 2.5 – Схема електрична принципова блоку введення

Кнопка “RESET” дозволяє перезавантажити контролер і почати виконувати програму спочатку.

За допомогою клавіши “MENU” відбувається навігація по меню програми приладу. Алгоритм роботи кнопки представлено на рисунку 2.6.

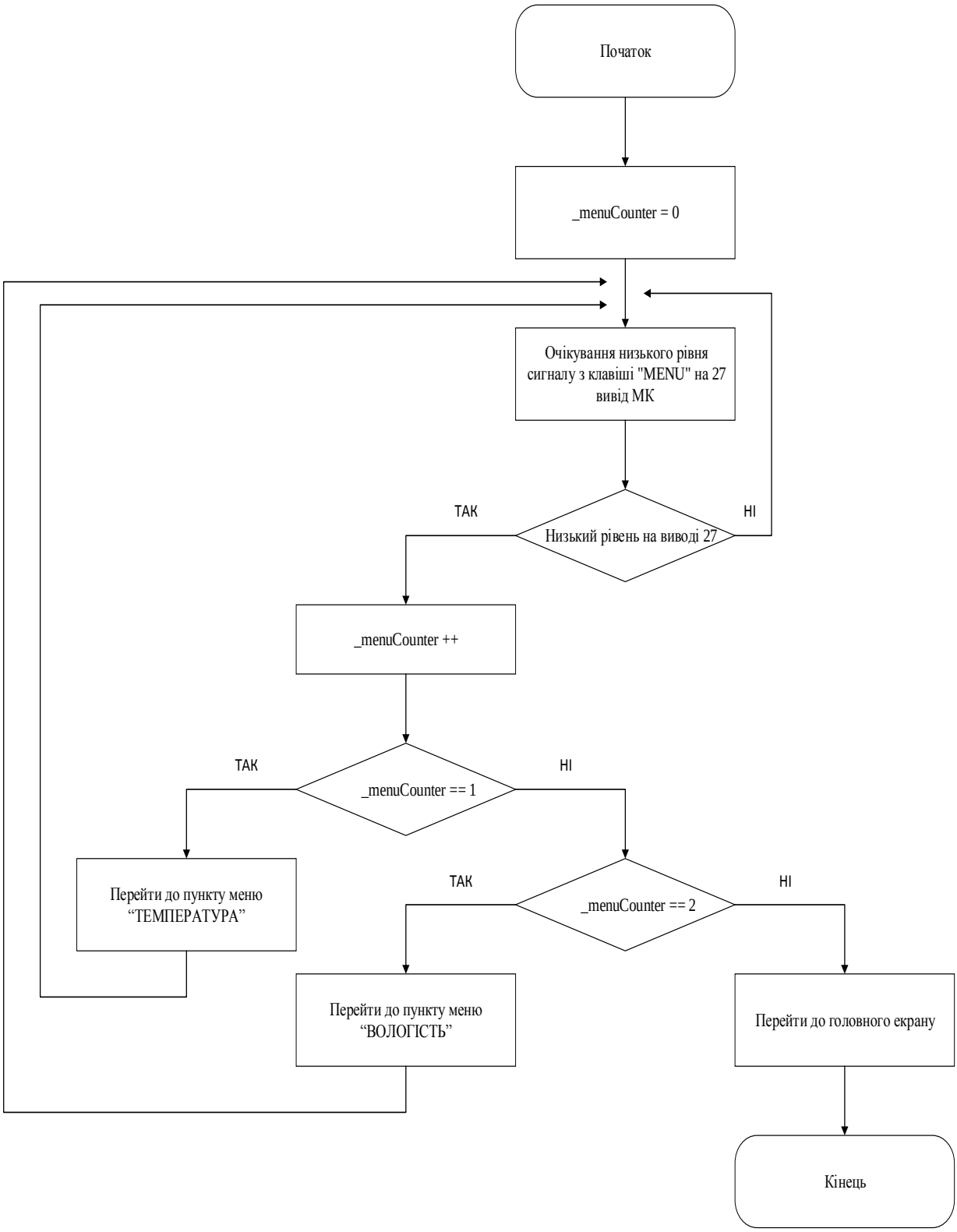


Рисунок 2.6 – Алгоритм роботи кнопки «MENU»

Перший клік переводить користувача у пункт «Температура», який представлено на рисунку 2.7.

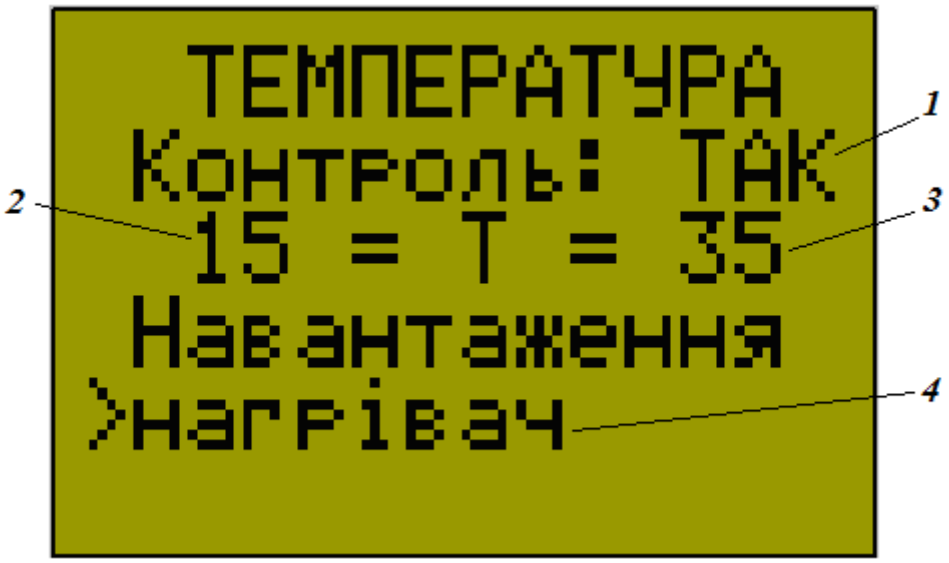


Рисунок 2.7 – Пункт меню «Температура»

У цьому розділі можна увімкнути або вимкнути контроль температури (1), задати нижній та верхній пороги підтримуваної температури (2,3), а також обрати кола керування: нагрівач, охолоджувач або обидва (4).

Другий клік по кнопці “MENU” переводить користувача у пункт «Вологість» (рис. 2.8).

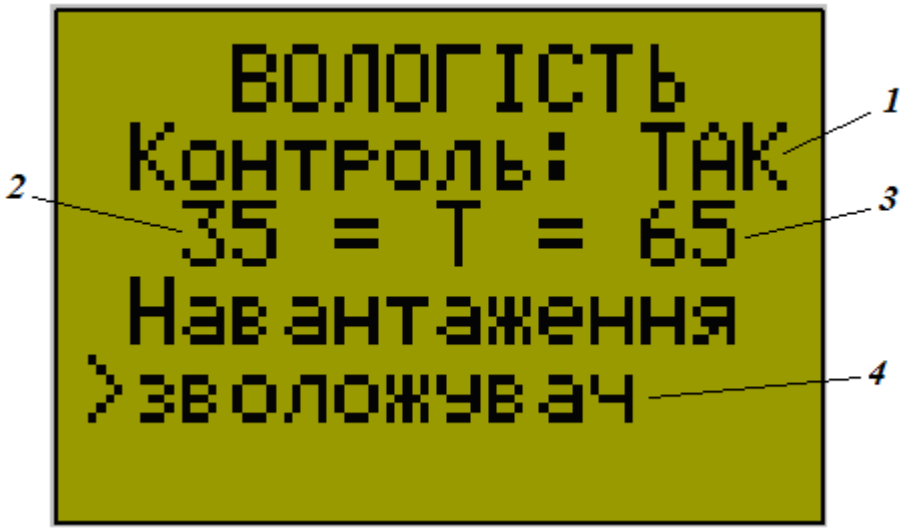


Рисунок 2.8 – Пункт меню «Вологість»

Аналогічно пункту меню «Температура», тут також вмикається або вимикається регуляція вологості (1), задається нижній та верхній пороги підт-

риманої відносної вологості (2,3), та обираються кола керування: зволожувач, осушувач або обидва(4).

Третє натиснення клавіши “MENU” переводить користувача на головний екран, який має наступний вигляд, зображений на рисунку 2.9.

На головному екрані, під номером 1 зображений індикатор температури, під номером 6 – індикатор вологості, під номером 11 – версія приєднаного давача (DHT11/22). Окрім індикаторів температури, вологості та версії давача на екрані відображається нижній та верхній пороги підтримуваної температури (2, 4) та відносної вологості (7, 9), поточна температура (3) та вологість (8).

Також на екрані вказується стан системи контролю температури (5) та вологості (10). Для температури можливі три стани: нагрів, норма та охолодження. Для вологості – зволоження, норма та осушення.

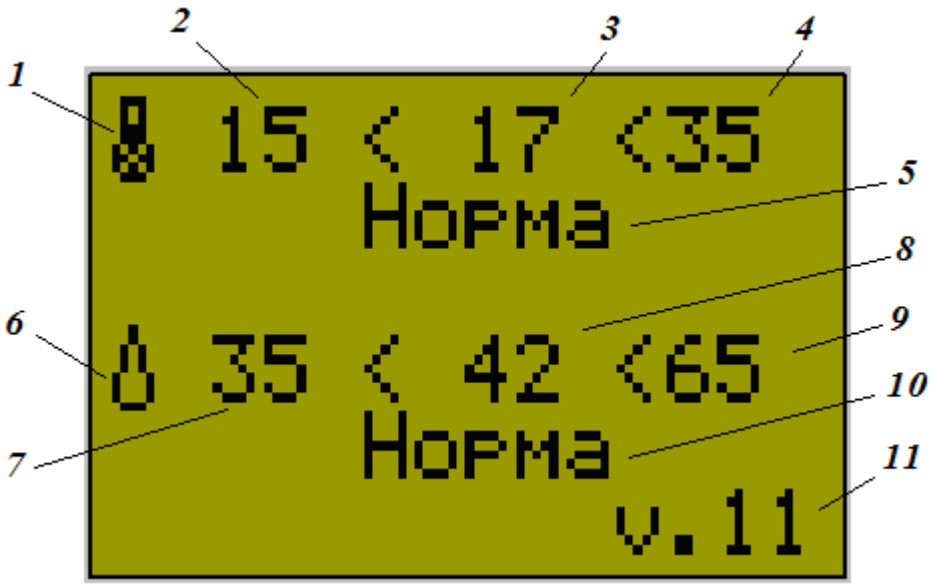


Рисунок 2.9 – Головний екран після налаштування

Таке інформативне відображення дозволяє користувачу завжди бачити, що відбувається з системою та бути впевненим, що система працює правильно.

Навігація як у меню «Температура», так і у меню «Вологість» відбувається натисненням клавіші “ОК”, алгоритм роботи якої представлено на рисунку 2.10.

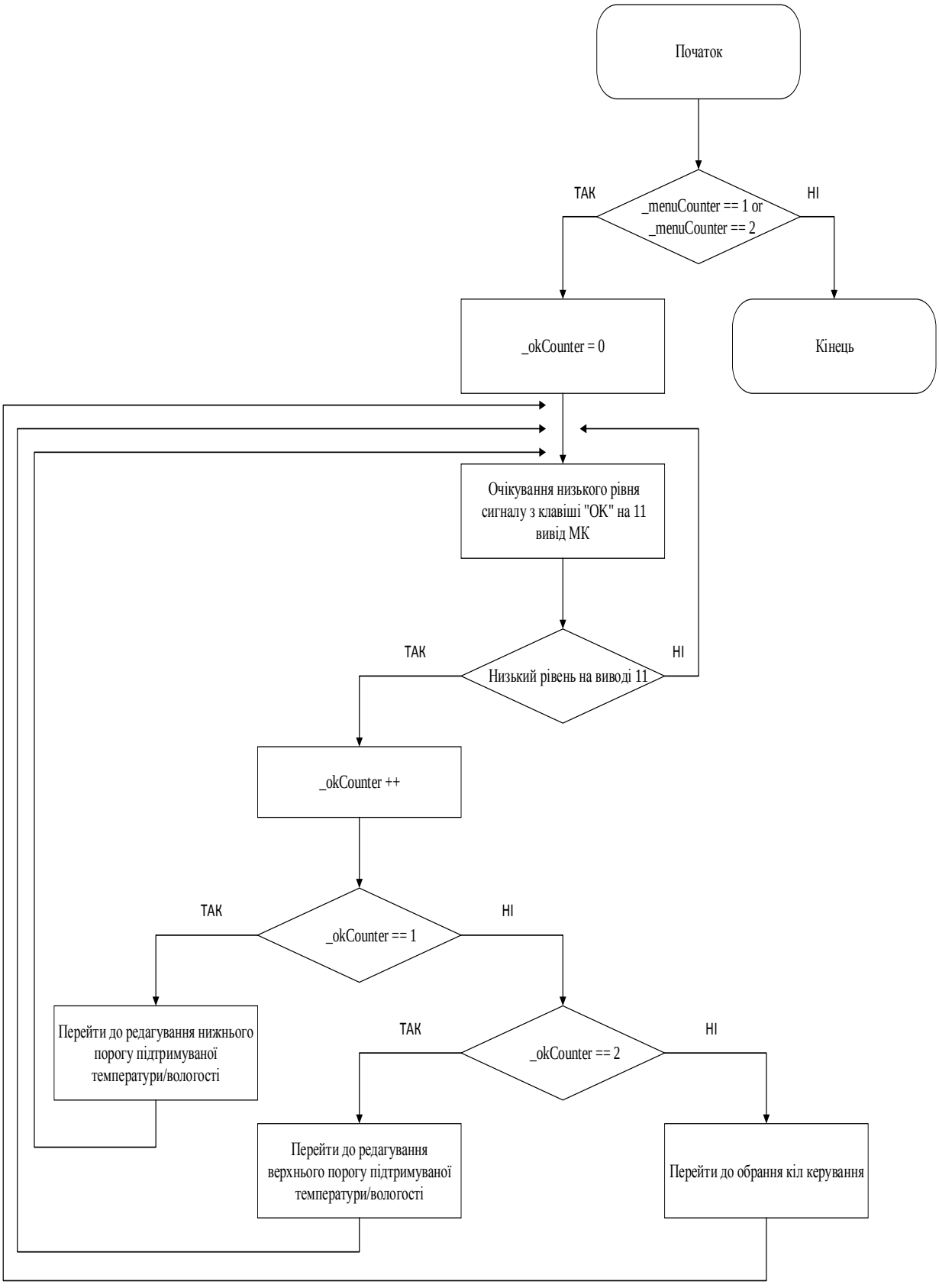


Рисунок 2.10 – Пункт меню «Вологість»

Перше натиснення на кнопки “ОК” переводить користувача до редагування нижнього порогу підтримуваної температури/вологості, друге – до ре-

дагування верхнього порогу. При третьому натисненні можна обрати коло керування. Четверте натиснення дає можливість користувачу увімкнути або вимкнути контроль відповідного параметру мікроклімату.

Клавіші “+” та “-” служать для завдання необхідних параметрів налаштувань. Алгоритм їх роботи представлено на рисунку 2.11.

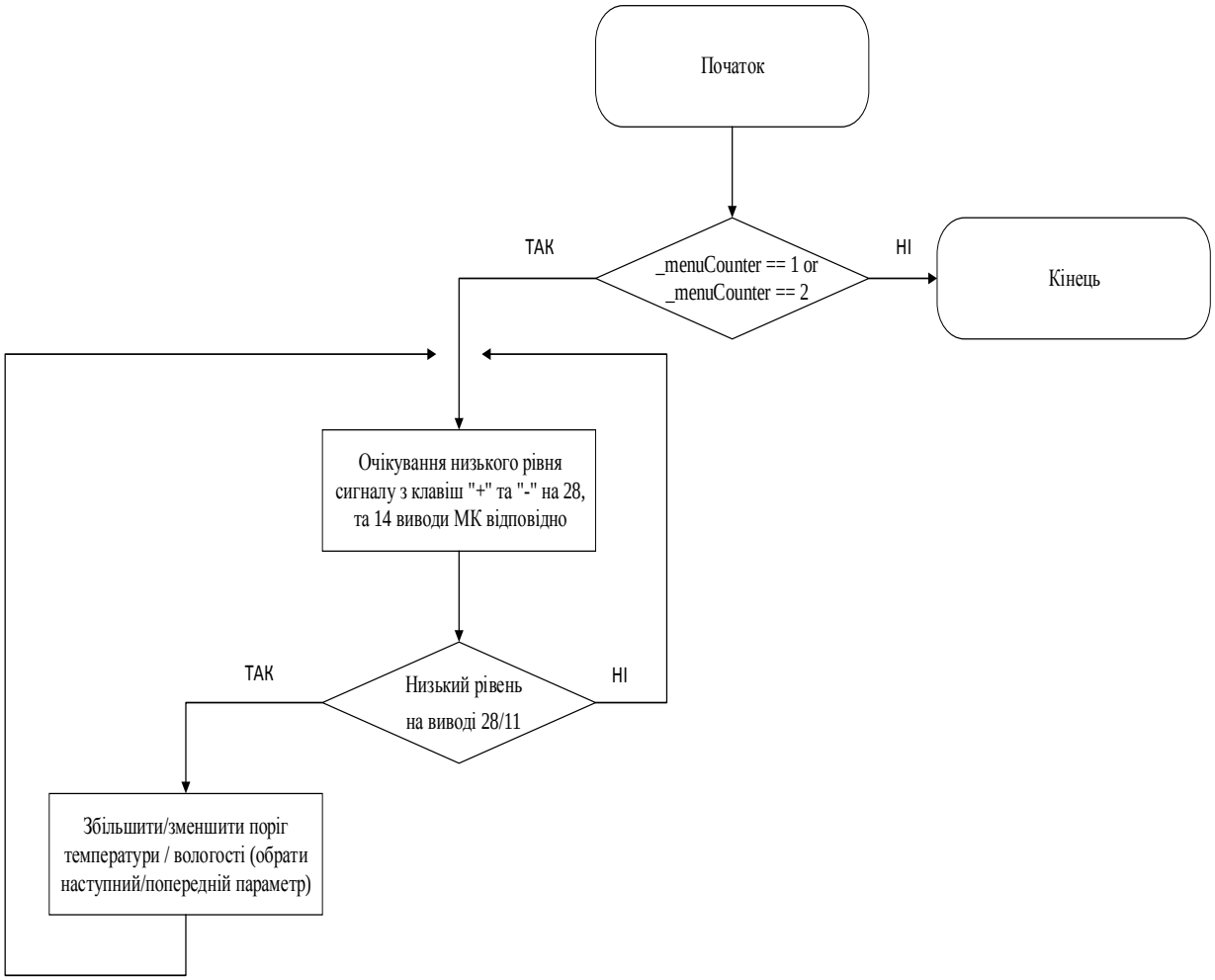


Рисунок 2.11 – Пункт меню «Вологість»

Таким чином, користувач може гнучко налаштувати систему контролю під власні потреби.

2.2.2 Блок датчиків

До регулятора може бути підключено два вида цифрових датчиків DHT11 або DHT22. Це датчики температури і вологості, які складаються з

двох основних частин: ємнісного датчика вологості та термістора. Також у корпусі встановлений чіп для перетворення аналогового сигналу в цифровий. Вони мають високу надійність і чудову довготривалу стабільність роботи. Можливість використання цих двох давачів дозволяє користувачу обрати більш підходящий. DHT11 менш точний і може вимірювати температуру у межах від 0 до 50 °C, а вологість від 20% до 80%, а також вимірює лише до цілих. Може бути використаний у житлових приміщення. Якщо ж прилад використовуватиметься у спеціалізованому приміщенні, в умовах де потребується більша точність та межі вимірювання, може бути використаний DHT22. Він вимірює температуру в межах від –40 до +125 °C, а вологість – від 0% до 100%, а також має точність до сотих.

Повні технічні характеристиках DHT11:

- напруга живлення від 3 до 5В;

- максимальний споживаний струм – 2,5мА при перетворенні (при запиті даних);

- розрахований на вимірювання рівня вологості в діапазоні від 20% до 80%, при цьому точність вимірювань знаходиться в діапазоні 5%;

- вимірює температуру в діапазоні від 0 до 50 градусів з точністю плюс-мінус 2%;

- частота вимірювання не більше 1 Гц (один вимір в секунду);

- розмір корпусу: 15,5 мм × 12 мм × 5,5 мм.

Повні технічні характеристиках DHT22:

- напруга живлення від 3 до 5В;

- максимальний споживаний струм – 2,5мА при перетворенні (при запиті даних);

- розрахований на вимірювання рівня вологості в діапазоні від 0% до 100%, при цьому точність вимірювань знаходиться в діапазоні 2%…5%;

- вимірює температуру в діапазоні від –40 до +125 градусів з точністю плюс-мінус 0,5 градусів за Цельсієм;

- частота вимірів до 0,5 Гц (один вимір за 2 секунди);

- розмір корпусу: 15,1 мм × 25 мм × 7,7 мм [12].

Отже, DHT22 більш точний і має більший діапазон вимірюваних значень. Обидва датчика мають по одному цифровому виходу. Запити до них можна відправляти не частіше ніж один раз в секунду (для DHT11) або два рази (для DHT22).

Датчики мають однакову розпіновку та схему підключення, яка наведена на рисунку 2.12.

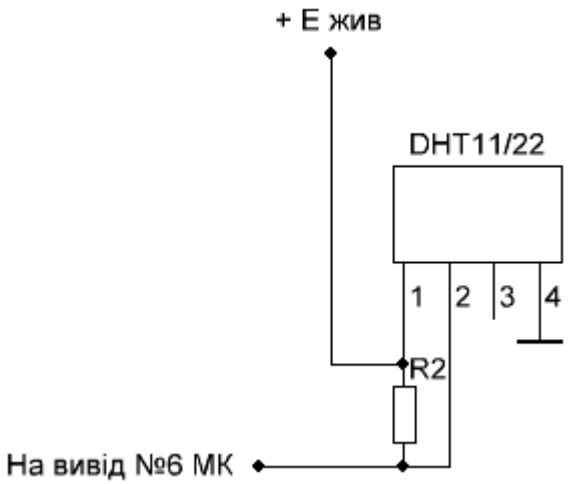


Рисунок 2.12 – Загальна схема підключення DHT11/22

Перший вивід підключається до плюса джерела живлення (від 3 до 5.5В постійної напруги). Другий використовується для зв’язку з мікроконтролером, оскільки це однопровідна шина з відкритим колектором, необхідна обов'язкова підтяжка резистором R2 номіналом 5-10кОм до плюса живлення. Четвертий вивід заземляється, а третій не використовується.

Формат обміну даними між мікроконтролером та давачем може бути розділений на три етапи:

- ініціалізація;

- преамбула;

- передача даних.

Процес зчитування даних починається з імпульсу ініціалізації який формується мікроконтролером (рис. 2.13). Він повинен встановити на шині низький рівень на час не менше 18 мс, для ініціалізації DHT-11/22.

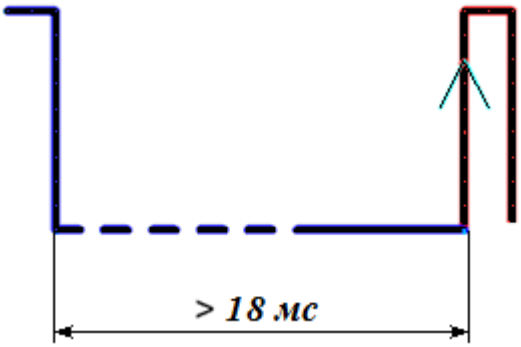


Рисунок 2.13 – Імпульс ініціалізації DHT11/22

Мікроконтролер після формування імпульсу ініціалізації повинен відразу перевести порт у режим зчитування (режим прийому даних). Якщо датчик готовий до передачі даних, він відповість сформувавши преамбулу. Один період меандру тривалістю ~ 160 мкс. Імпульс ініціалізації та преамбула DHT11/22 представлені на рисунку 2.14.

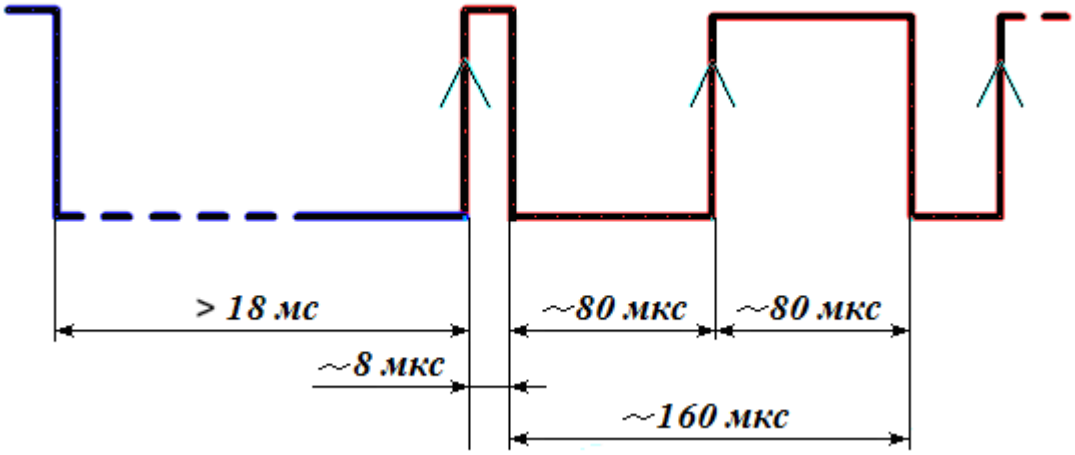


Рисунок 2.14 – Імпульс ініціалізації та преамбула DHT11/22

Мікроконтролер отримавши відповідь від датчика, може почати процес зчитування даних.

Передані дані містять як цілу, так і дробову частину цифрових даних про температуру та вологість (тільки DHT22). Загальний обсяг переданої інформації становить 40 біт: 1 і 2 байт містять відповідно цілу і дробову частину інформації про вологість, 3 і 4 байт містять цілу і дробову частину інфор-

мації про температуру, і в 5 байті передається контрольна хеш-сума, яка представляє з себе останні 8 біт від додавання попередніх 4 байт.

Після передачі пакета даних датчик переходить в сплячий режим, до наступного запиту з боку мікроконтролера.

Формат передачі даних представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Формат передачі даних DHT

Вологість (16 біт)		Температура (16 біт)		Хеш-сума (8 біт)
Байт 1	Байт 2	Байт 3	Байт 4	Байт 5
Ціла частина	Дробова частина	Ціла частина	Дробова частина	Хеш-сума

Дані кодуються тривалістю високого рівня в кожному біті, біт починається стробом низького рівня тривалістю приблизно 50…54 мкс, після строба слідкує високий рівень, якщо тривалість високого рівня у межах 24 мкс, то це передається «0» (рис. 2.15), якщо у межах 70 мкс - передається «1» (рис. 2.16).

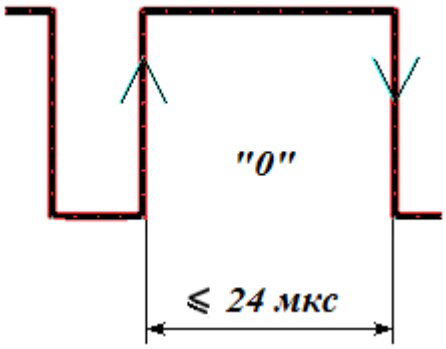


Рисунок 2.15 – Формування логічного нуля DHT11/22

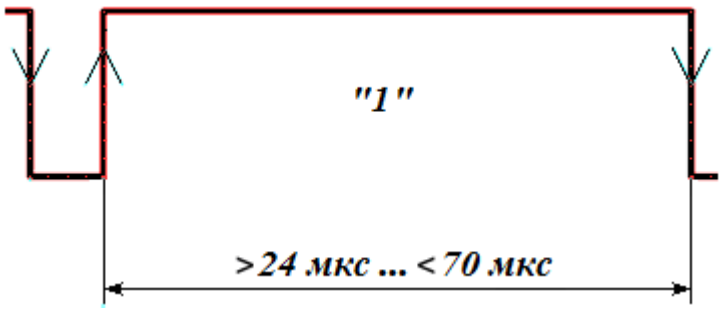


Рисунок 2.16 – Формування логічної одиниці DHT11/22

По закінченню передачі даних датчик передає останній строб, встановлює на шині високий рівень і переходить в сплячий режим.

Вид передачі повністю приведено на рисунку 2.17.

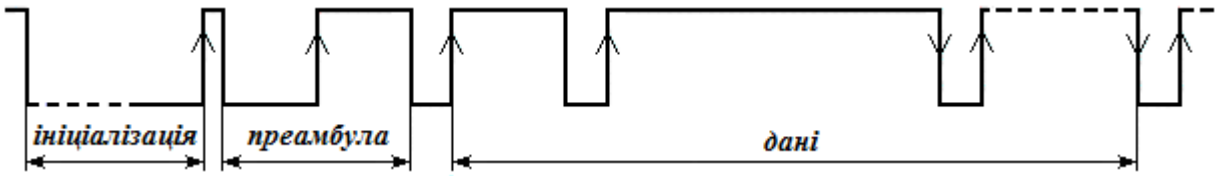


Рисунок 2.17 – Етапи обміну даними між мікроконтролером та DHT11/22

Датчик підключається до входу контролера який може формувати переривання при зміні рівня на вході. Для визначення тривалості імпульсу можна використовувати таймер мікроконтролера.

Розроблений алгоритм роботи системи весь час отримує інформацію з давача і у разі порушення зв’язку (розриву кабелю зв’язку або виходу давача із ладу) переводить систему в аварійний стан (усі кола навантаження розмикаються). Екран аварійного стану представлено на рисунку 2.18.

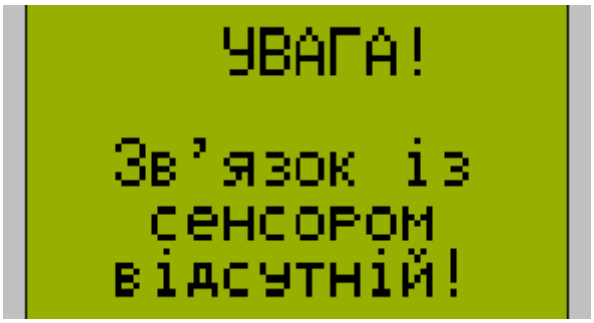


Рисунок 2.18 – Екран аварійного стану

Окрім того, розроблений алгоритм, зображений на рисунку 2.19, автоматично визначає версію підключеного датчика, шляхом перевірки наявності дробової часини у пакеті даних, які надійшли від датчика. Оскільки DHT11 вимірює тільки цілу часину вологості та температури, відповідний байт даних не несе інформації.

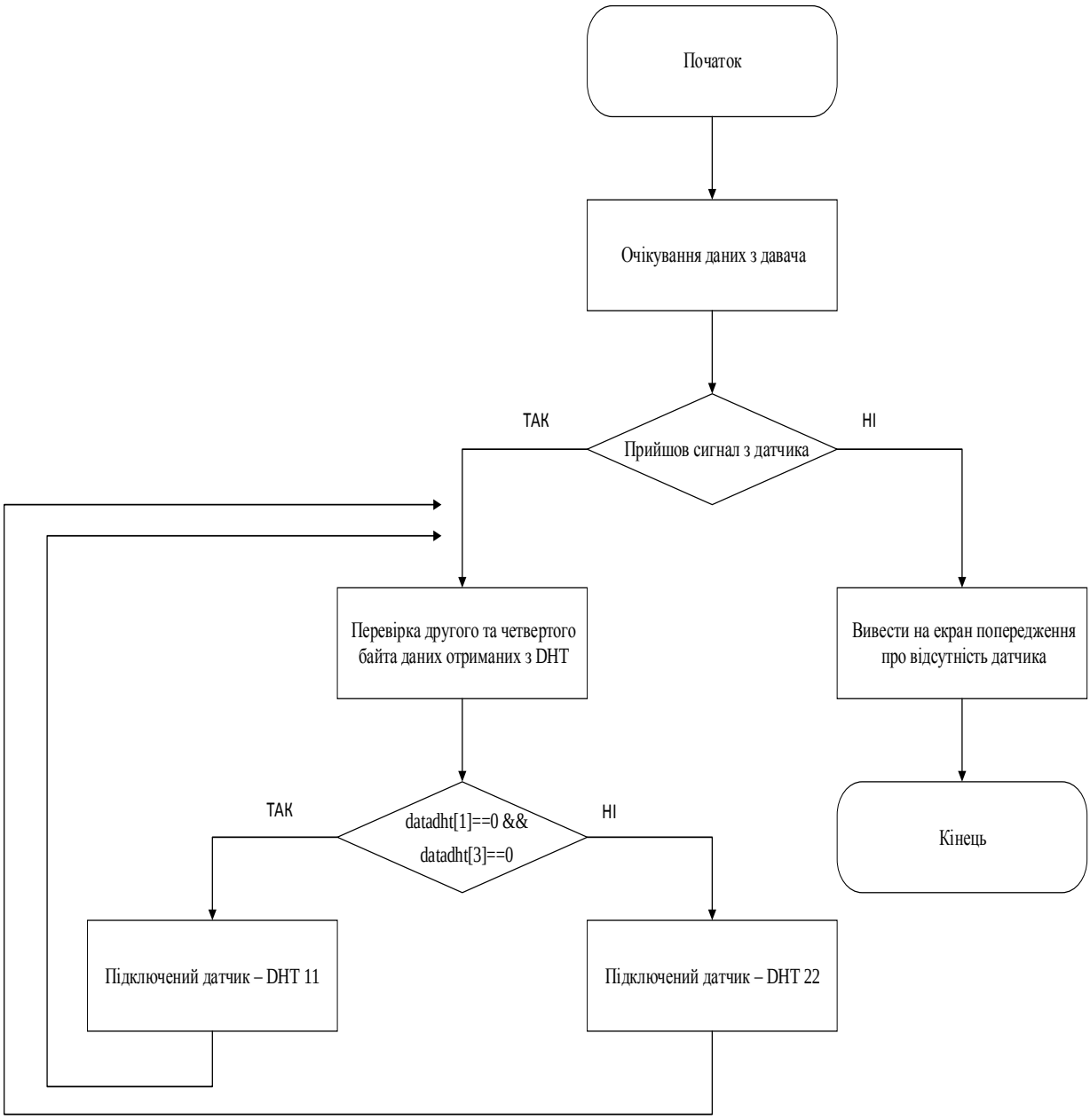


Рисунок 2.19 – Алгоритм відключення при аварійному стані

2.2.3 Блок управління та алгоритм роботи регулятора

Проект створено на базі багатофункціонального мікроконтролера ATmega8A, який автоматично визначає підключений до приладу датчик і забезпечує керування навантаженням. ATmega8A - малопотужний 8-разрядний КМОН мікроконтролер. За рахунок виконання більшості інструкцій за один машинний цикл ATmega8A досягає продуктивності 1 млн. операцій в секун-

ду, що дозволяє проектувальникам систем оптимізувати співвідношення енергоспоживання і швидкодії. Розміщення виводів мікроконтролера представлено на рисунку 2.20.

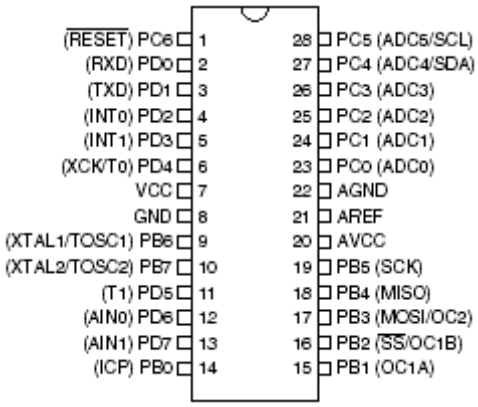


Рисунок 2.20 – Розміщення виводів ATmega8A

В залежності від заданих користувачем діапазонів підтримуваної температури та вологості, мікроконтролер керує увімкненням кола нагрівача, охолоджувача, зволожувача та осушувача за алгоритмом, що представлений на рисунку 2.21 [13].

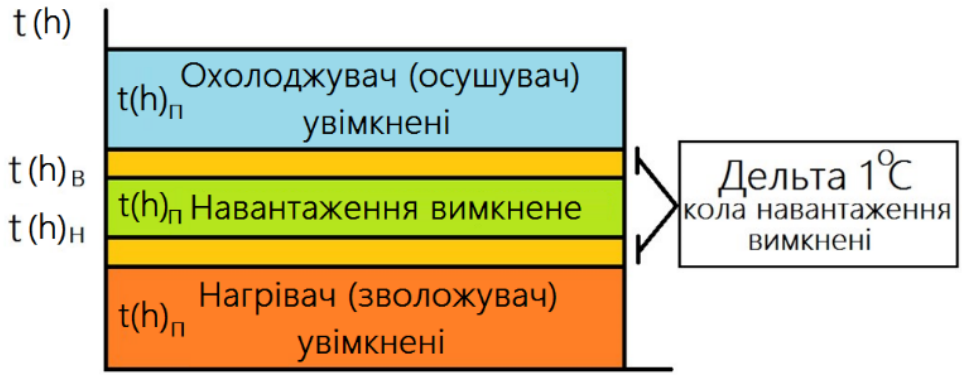


Рисунок 2.21 – Алгоритм керування колами навантаження

Користувач задає верхню (в) та нижню (н) границю підтримуваної температури (t) та відносної вологості (h), якщо поточна величина (п) знаходиться нижче нижнього порога – вмикаються кола нагрівача (зволожувача), якщо вище – охолоджувача (осушувача). Коли поточна величина знаходиться у допустимих межах – навантаження вимкнене. Оскільки датчик має точність до

десятих, була введена величина дельта, для унеможливлення швидкого вмикання/вимикання кіл навантаження.

Схема електрична принципова блока управління зображена на рисунку 2.22.

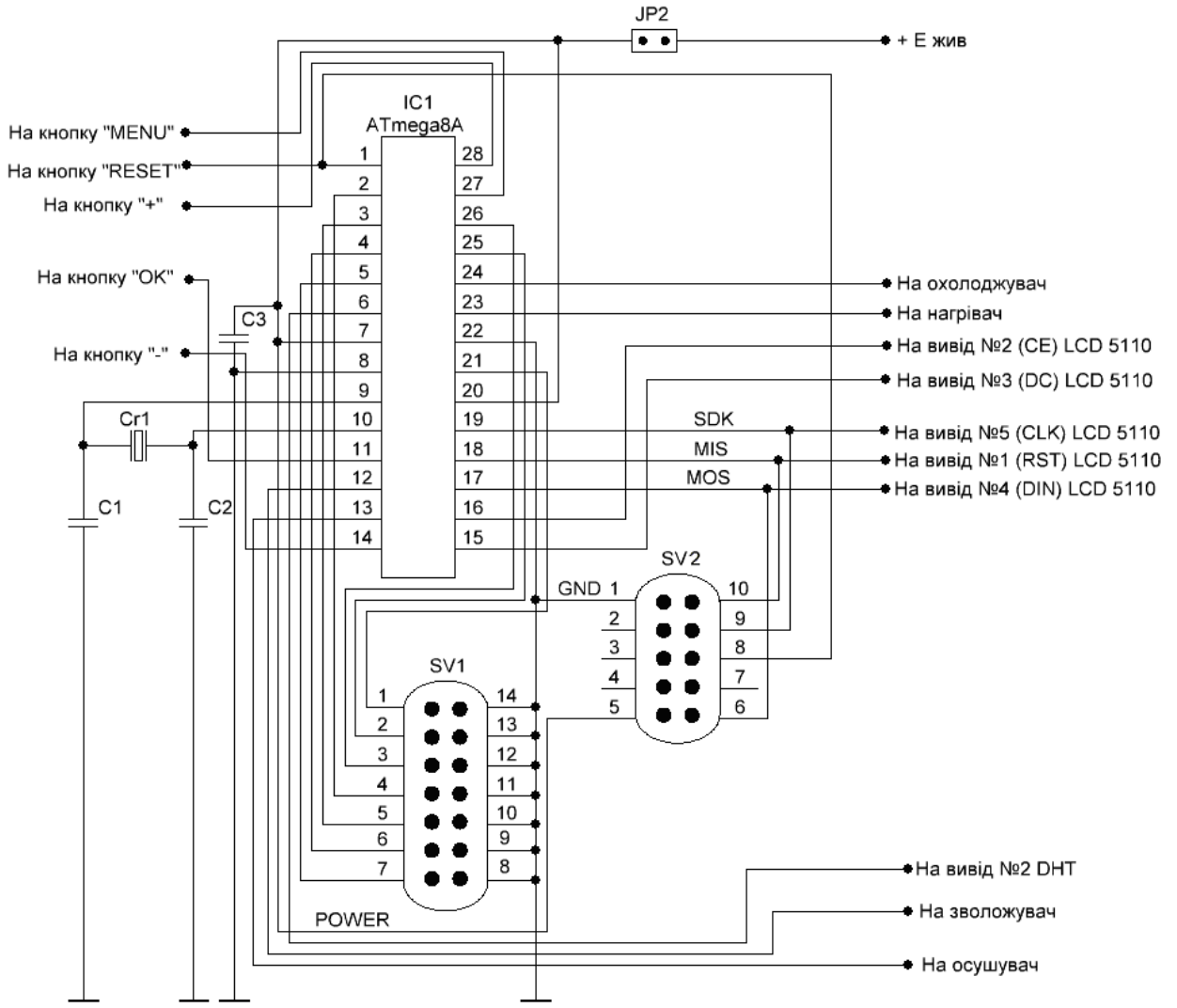


Рисунок 2.22 – Схема електрична принципова блока управління

Живлення контролера (IC1) ділиться на цифрову частину (VCC, GND) і аналогову (AVCC, AGND), і для ATmega8A має лежати в межах 5В. У нашому випадку можна об'єднати VCC з AVCC і GND с AGND.

Для фільтрації високочастотних перешкод встановлений конденсатор С3 ємністю 100 нФ між лінією живлення контролера і землею.

Cr1 – зовнішній високочастотний кварц на 8 МГц, C1 та C2 - конденсатори ємністю 22 пФ, необхідні для завдання частоти роботи мікроконтролера.

Перемичка JP2 необхідна для можливості перепрограмування контролера прямо на платі, у цьому випадку її необхідно зняти, після перепрограмування, для відновлення роботи приладу, її необхідно встановити.

Сигнал з кнопки “MENU” надходить на 27 вивід мікроконтролера і призводить до перемикання пунктів меню регулятора (головний екран, пункт “Температура” чи “Вологість”).

Для можливості здійснення перезавантаження контролера передбачена кнопка RESET. Коли на виводі 1 присутній позитивний потенціал, контролер працює за заданою програмою. Для здійснення скидання МК, вивід 1 необхідно замкнути на землю, для цих цілей служить кнопка RESET.

Сигнали з кнопок “+”, “ОК” та “-” надходять на 28, 11 та 14 виводи мікроконтролера відповідно і слугують для навігації в меню програми та завдання порогів спрацьовування регулятора.

Мікроконтролер генерує управляючі сигнали на виводах 16, 15, 19, 18 та 17 для передачі інформації у контролер дисплея, для подальшого виводу усієї необхідної інформації на екран.

В залежності від налаштувань програми та показів давача мікроконтролер керую сигналами на виводах 24, 23, 12 та 13, для замикання чи розмикання кіл навантажень.

Для отримання інформації про поточну температуру та вологість 6 вивід мікроконтролера приєднується до інформаційного 2 виводу давача.

Під час розробки приладу особлива увага приділялася універсальності схеми і можливості подальшого вдосконалення регулятора, тому невикористані виводи мікроконтролера були виведені до конектора SV1.

Конектор SV2 слугує для приєднання програматора до схеми, аби можна було швидко і зручно оновити прошивку мікроконтролера без необхідності його демонтажу зі схеми.

2.2.4 Блок виведення інформації

Блок виведення інформації реалізовано за допомогою рідкокристалічного дисплея Nokia LCD 5110, який служить для відображення усієї необхідної інформації та зручного користування, та налаштування регулятора.

Характеристики Nokia LCD 5110:

- напруга живлення 2,7…3,3 В;

- споживаний струм 5 мА (з вимкненим підсвіченням) та 20 мА (з увімкненим).

Головний компонент модуля Nokia LCD 5110 - рідкокристалічний екран, який зв’язується с мікроконтролером за допомогою SPI інтерфейсу. Nokia LCD 5110 може працювати в чотирьох режимах: нормальний, інверсія зображення, порожній екран і "всі точки включені".

Контакти дисплея Nokia LCD 5110 наведені на рисунку 2.23.

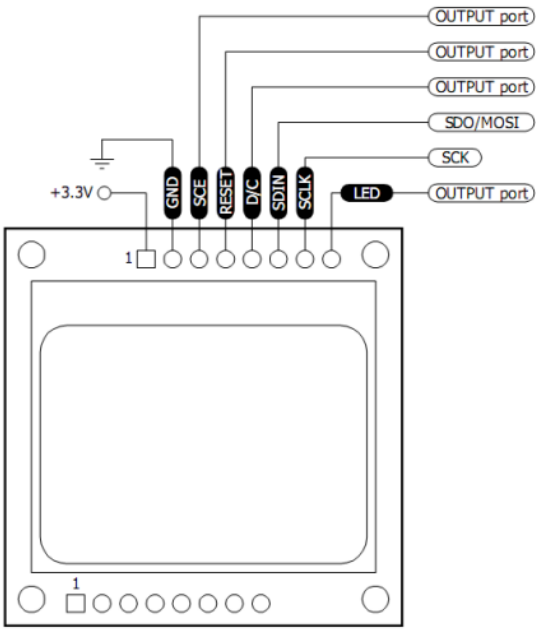


Рисунок 2.23 – Виводи Nokia LCD 5110

Дисплей складається з матриці РК-елементів, мікросхеми PCD8544 для їхнього управління, а також чотирьох світлодіодів для підсвічування екрана.

Інформація про стан точок дисплея зберігається в оперативній пам'яті контролера PCD8544, кожній точці відповідає один біт пам'яті. Також вбудо-

ваний лічильник адреси, який автоматично збільшується при запису чергового байта інформації в пам'ять.

Дисплей має роздільну здатність 84x48 пікселів. Інформація виводиться вертикальними блоками висотою 8 пікселів, значення яких визначаються значеннями біт в виведеному байті. Молодший біт кодує верхній піксель.

Призначення виводів Nokia LCD 5110 представлено у таблиці 2.2 [14].

Таблиця 2.2 - Призначення виводів Nokia LCD 5110

VCC	Живлення 3,3В
GND	Загальний дріт
SCE	Увімкнення, активний низький рівень
Reset	Скидання, активний низький рівень
D/C	Дані / команда: 0 - дані, 1 - команда
SDIN	Вхід інтерфейсу
SCLC	Тактовий сигнал
LED	Підсвічування. Струм не повинен перевищувати 20 мА.

При включенні приладу та при наявності давача, на дисплеї відображається головна інформація. Головний екран представлено на рисунку 2.24.

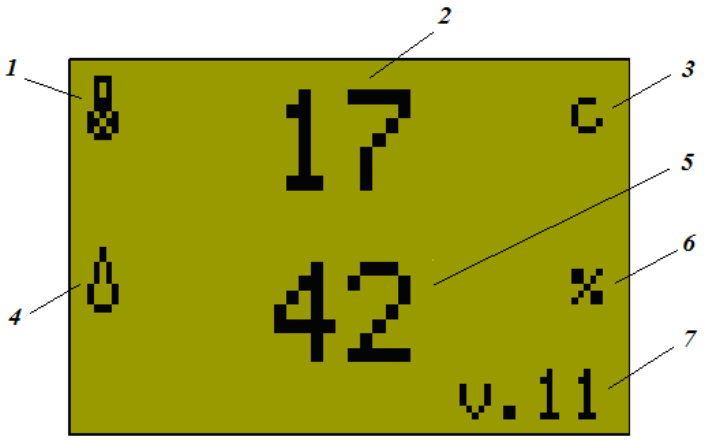


Рисунок 2.24 – Головний екран

На головному екрані, під номером 1 зображений індикатор температури, під номером 2 відображається поточна температура, під номером 3 –

одиниця вимірювання (градуси Цельсія), під номером 4 – індикатор вологості, під номером 5 – поточна відносна вологість, під номером 6 – одиниця вимірювання (відсотки), під номером 7 – версія датчика (DHT11/22).

Схема електрична принципова блока виведення інформації приведена на рисунку 2.25.

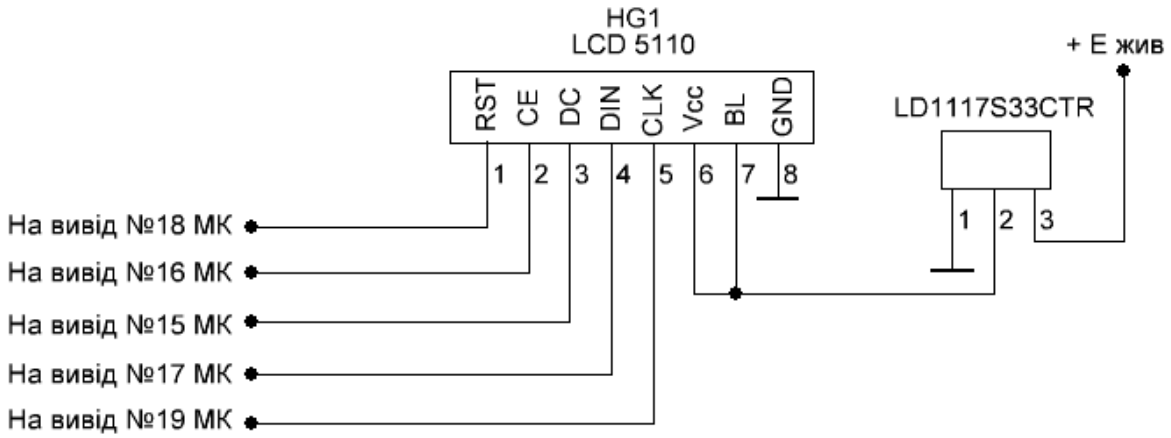


Рисунок 2.25 – Схема електрична принципова блока виведення інформації

Оскільки напруга живлення дисплея складає 3.3 В, а регулятор має живлення 5 В, використовується лінійний стабілізатор LD1117S33CTR, який має наступні характеристики [15]:

- вхідна напруга стабілізації 4.75 В – 10 В;
- струм живлення 5 мА;
- вихідна напруга 3,3 В;
- вихідний струм 800 мА.

2.2.5 Блок навантаження

Блок навантаження реалізований за допомогою електромагнітних реле з необхідною обв’язкою і покликаний комутувати обігрівач, охолоджувач, зволожувач та осушувач повітря, при необхідності.

Схема електрична принципова блока навантаження представлена на рисунку 2.26.

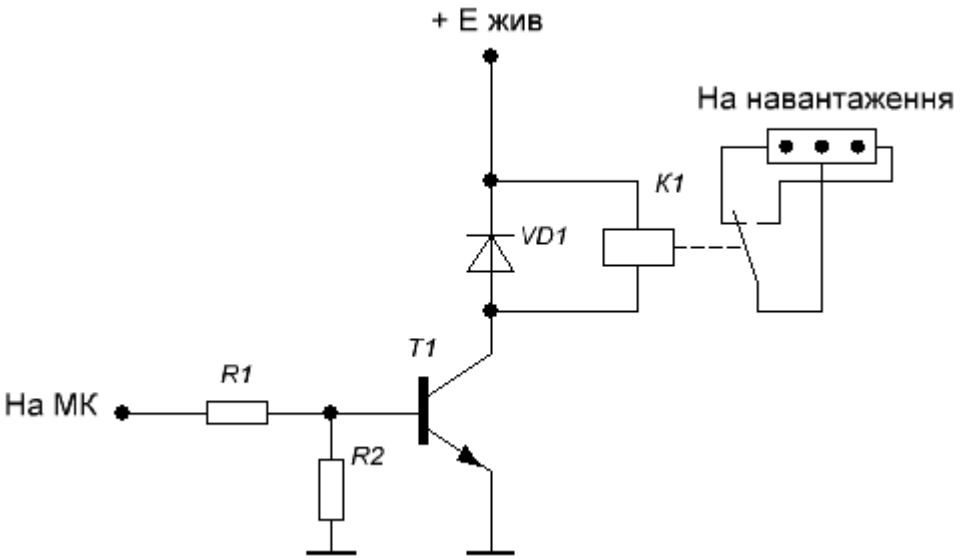


Рисунок 2.26 – Схема електрична принципова блока навантаження

Елемент К1 – електромеханічне реле SRD-05VDC-SL-C з однією перемикаючою групою контактів та наступними характеристиками:

- матеріал контактів: сплав срібла;
- опір контакту: 100 мОм;
- опір ізоляції: 100 МОм;
- напруга живлення: 5 В;
- номінальний робочий струм котушки 70 мА;
- максимальна напруга на контактах: 30 В постійної / 250 В змінної;
- максимальний комутований струм : 20 А;
- зносостійкість: 100000 циклів;
- час вмикання/вимикання: 10 мс / 5мс;
- температура: –40 °С … +80 °С;
- габаритні розміри: 15,5×12,3×14 мм (без виводів).

При розриві кола, тобто при миттєвій зміні до нуля струму через котушку реле, виникає напруга самоіндукції, величина якої може бути досить великою та може привести до пошкодження елементів схеми, для уникнення

цієї ситуації встановлюється діод VD1 1N4148, через який і гаситься напруга самоіндукції.

Оскільки номінальний робочий струм котушки реле складає 70 мА його не можна напряму підключити до мікроконтролера, адже максимальний струм, який здатен видати порт контролера складає 20 мА. Виправити цю проблему покликаний біполярний транзистор Т1.

Для обрання транзистора правильного номіналу необхідно визначитися його робочу напругу та струм. Робочий струм біполярного транзистора обчислюється за наступною формулою:

$$I_{кmax} = I_{відкр.реле} \pm 10\% \qquad (2.1)$$

де $I_{кmax}$ - робочий струм біполярного транзистора; $I_{відкр.реле}$ – споживаний струм при відкритті реле.

$$I_{кmax} = 70 \cdot 10^{-3} A + (70 \cdot 10^{-3} A \cdot 0{,}1) = 77 \cdot 10^{-3} A$$

Також визначаємо робочу напругу біполярного транзистора за формулою:

$$I_{тр} = I_{відкр.реле} + U_{ке} + U_{д} \qquad (2.2)$$

де $U_{тр}$ - робоча напруга біполярного транзистора; $U_{відкр.реле}$ - напруга відкриття реле; $U_{ке}$- напруга колектор-емітер біполярного транзистора; $U_{д}$- падіння напруги на діоді.

$$U_{тр} = 5В + 0{,}6В + 1{,}5В = 7{,}1В$$

Виходячи з розрахунків обраний n-p-n транзистор BC547, який задовольняє вимогам до максимального струму колектора та максимально допустимій напрузі колектор-емітер, та має наступні характеристики:

- максимально допустима напруга колектор-емітер ($U_{ке}$) 45 В;
- максимально допустима напруга колектор-база ($U_{кб}$) 50 В;
- максимально допустима напруга емітер-база ($U_{еб}$) 6 В;
- максимальний струм колектора ($I_{к\ макс}$) 100 мА;
- максимальна потужність, що розсіюється 0,625 Вт;

- напруга насичення колектор-емітер 600 мВ;

- коефіцієнт посилення по струму (h_{21}) 110.

Визначимо струм бази транзистора:

$$I_Б = \frac{I_К}{h_{21E}} \qquad (2.3)$$

де $I_Б$ - струм бази біполярного транзистора; $I_К$ - струм колектора біполярного транзистора; h_{21E} - коефіцієнт посилення по струму біполярного транзистора.

$$I_Б = \frac{77 \cdot 10^{-3}\ А}{110} = 0.7 \cdot 10^{-3}\ А$$

Визначимо номінал резистора у колі бази R1:

$$R1 = \frac{U_{МК} - U_{КЕ}}{I_Б} \qquad (2.4)$$

де R1 - опір резистора у колі бази; $U_{МК}$ - напруга на виводі мікроконтролера; $U_{КЕ}$ - напруга колектора-емітер біполярного транзистора; $I_Б$ - струм бази біполярного транзистора.

$$R1 = \frac{5\,В - 0,6\ В}{0,7 \cdot 10^{-3}\ А} = 6285\,Ом$$

Для забезпечення потрібного струму, опір резистора R1 повинен бути не більше 6285 Ом, тому був обраний стандартний номінал меншої величини 5.6 кОм.

Струм який буде протікати через резистор:

$$I_{R1} = \frac{U_{МК} - U_{КЕ}}{R_1} \qquad (2.5)$$

де I_{R1} - струм який проходить через резистор R1; $U_{МК}$ - напруга на виводі мікроконтролера; $U_{КЕ}$ - напруга колектора-емітер біполярного транзистора; R1- опір резистора у колі бази.

$$I_{R1} = \frac{5\,В - 0,6\,В}{5,6 \cdot 10^{3}\ Ом} = 0,78 \cdot 10^{-3}\ А$$

Струм колектора:

$$I_K = I_{R1} \cdot h_{21e} \quad (2.6)$$

де I_K - струм колектора біполярного транзистора; I_{R1} - струм який проходить через резистор R1; h_{21E} - коефіцієнт посилення по струму біполярного транзистора.

$$I_K = 0{,}78 \cdot 10^{-3}\,\text{А} \cdot 110 = 85{,}8 \cdot 10^{-3}\,\text{А}$$

Для уникнення випадкових спрацьовувань транзистора у неактивному режимі, його база підключена до землі резистором R2 номіналом 10 кОм.

Струм, який проходитиме через резистор:

$$I_{R2} = \frac{U_{KE}}{R_2} \quad (2.7)$$

де I_{R2} - струм який проходить через резистор R2; U_{KE} - напруга колектора-емітер біполярного транзистора; $R2$ - величина опору резистора R2.

$$I_{R2} = \frac{0{,}6\ \text{В}}{10^4\ \text{Ом}} = 60 \cdot 10^{-6}\ \text{А}$$

Визначимо остаточний струм бази та колектора:

$$I_Б = I_{R1} - I_{R2} \quad (2.8)$$

де $I_Б$ - струм бази біполярного транзистора; I_{R1} - струм який проходить через резистор R1; I_{R2} - струм який проходить через резистор R2.

$$I_Б = 0{,}78 \cdot 10^{-3}\,\text{А} - 60 \cdot 10^{-6}\,\text{А} = 0{,}72 \cdot 10^{-3}\,\text{А}$$

$$I_K = 0{,}72 \cdot 10^{-3}\,\text{А} \cdot 110 = 79{,}2 \cdot 10^{-3}\,\text{А}$$

Оскільки у регуляторі передбачено 4 таких блоки, то загальний струм споживаний блоком навантаження становить:

$$I_{ЗАГ} = I_K \cdot N \quad (2.9)$$

де $I_{ЗАГ}$ - загальний струм споживаний блоком навантаження; I_K - струм колектора біполярного транзистора; N - кількість блоків навантаження.

$$I_{ЗАГ} = 79{,}2 \cdot 10^{-3}\,\text{А} \cdot 4 = 316{,}8 \cdot 10^{-3}\,\text{А}$$

2.3 Розрахунок споживаної потужності

Для виготовлення блока живлення необхідно обчислити споживну потужність приладу.

Розрахунок споживаної потужності кожного елемента і регулятора в цілому приведений у таблиці 2.3.

Величина струму ($I_{СП}$) споживана пристроєм:

$$I_{СП} = \frac{P_{СП}}{U_{СТ}} \qquad (2.10)$$

$$I_{СП} = \frac{1{,}9295\text{Вт}}{5\text{В}} = 0{,}3859\text{А}$$

де $U_{СТ}$ - вихідна напруга джерела живлення 5В; $P_{СП}$ – максимальна величина споживаної потужності.

Таблиця 2.3 – Розрахунок споживаної потужності

Елемент	IMC	P, Вт	Кількість
Мікроконтролер	Atmega8A	1	1
Екран	Nokia LCD 5110	0.1	1
Датчик	DHT11/22	0.0125	1
Стабілізатор 3В	LD1117AG-33-AA3	0.025	1
Блок реле	-	0.396	4 (два активних)
Всього		1.9295	8

2.4 Блок живлення

Блок живлення призначений для забезпечення окремих вузлів і блоків приладу стабілізованою напругою. Сумарний струм споживання розробленого приладу не перевищує величини 400мА при напрузі 5В. Для побудови стабілізатора застосуємо класичну схему блоку живлення з схемою випрямлення змінного.

Блок-схема блока живлення приведена на рисунку 2.27.

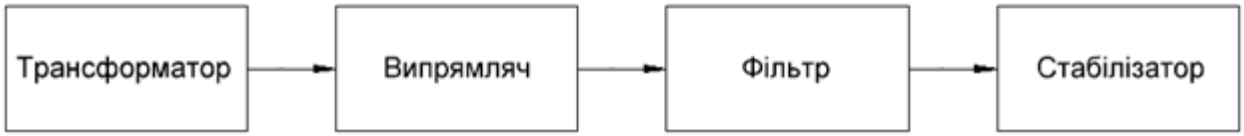


Рисунок 2.27 - Блок-схема блока живлення

Блок живлення складається з трансформатора, випрямного діодного моста, фільтра і стабілізатора напруги.

Трансформатор повинен бути силовим, розрахованим на мережеву частоту 50 Гц, з первинною обмоткою на 220 В і однією вторинною обмоткою на 7 … 10 В. Номінальна потужність трансформатора 4 … 8 Вт.

Оскільки, на трансформаторі вказують діюче значення напруги ($U_Д$), а на виході після фільтра, по суті після діодного моста і згладжуючого конденсатора, ми отримаємо амплітудне значення ($U_А$), необхідно її розрахувати за формулою:

$$U_А = 1{,}41 \cdot U_Д \qquad (2.11)$$

де $U_А$ - амплітудне значення напруги; $U_Д$ – діюче значення напруги.

Тобто якщо в блоці живлення вторинна обмотка трансформатора видає 7 … 10 В, то на фільтрі-конденсаторі ми приблизно отримаємо 10 … 14 В. Оскільки стабілізатор напруги працює до 35 В на вході, такий рівень амплітудного значення є задовільним.

Схема електрична принципова блоку живлення наведена на рисунку 2.28.

Випрямляч реалізований за допомогою діодного моста виготовленого з чотирьох діодів КД226А (VD1-4), кожен з яких розрахований на 2А і перетворює змінну напругу на вході в постійну на виході.

Фільтр призначений для згладжування напруги після випрямляча. Використовується звичайний електролітичний конденсатор К50-35 ємністю 4700 мкФ (С1).

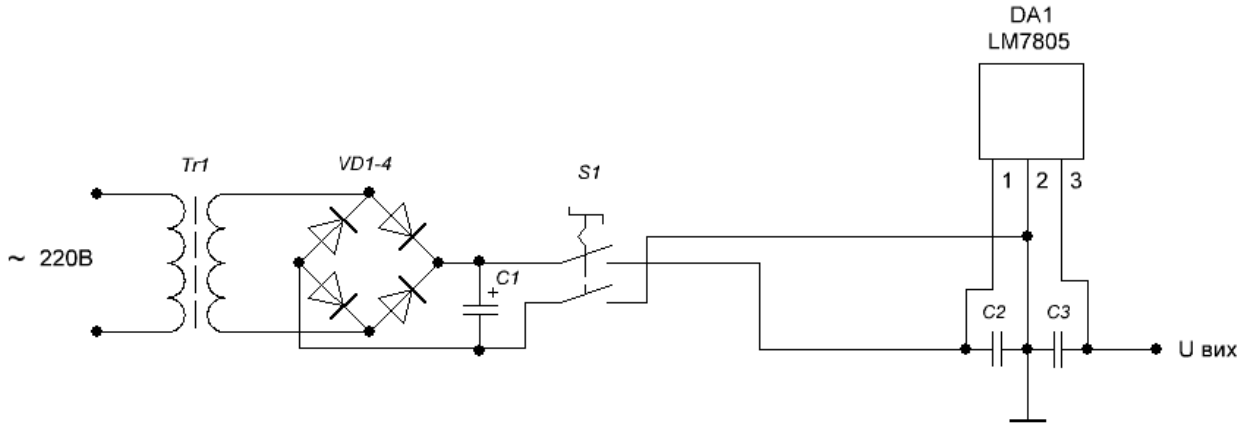


Рисунок 2.28 - Схема електрична принципова блоку живлення

Для побудови компенсаційного стабілізатора напруги використовується інтегральна схема LM7805 (DA1). Вона являє собою стабілізатор напруги, забезпечений захистом від коротких замикань у вихідних колах, теплової захистом і можливістю регулювання вихідної стабілізованої напруги.

Конденсатори С2 і С3 ємністю 0.33 та 0.1 мкФ відповідно, включені у вхідне і вихідне кола регулятора, необхідні для згладжування пульсацій живлення.

Основні технічні характеристики і параметри стабілізатора LM7805 наведені у таблиці 2.4 [16].

Таблиця 2.4 Основні технічні характеристики стабілізатора LM7805

Найменування характеристики	Номінал
Величина стабілізуючої напруги, В	5.0
Максимальна величина стабілізуючого струму не більше, А	1
Максимальна вхідна напруга не більше, В	35
Вихідний опір не більше, мОм	17

Загальна схема електрична принципова розробленого регулятора наведена на рисунку 2.29.

Перелік використаних елементів представлено у додатку А.

Печатна плата представлена на рисунку 2.30.

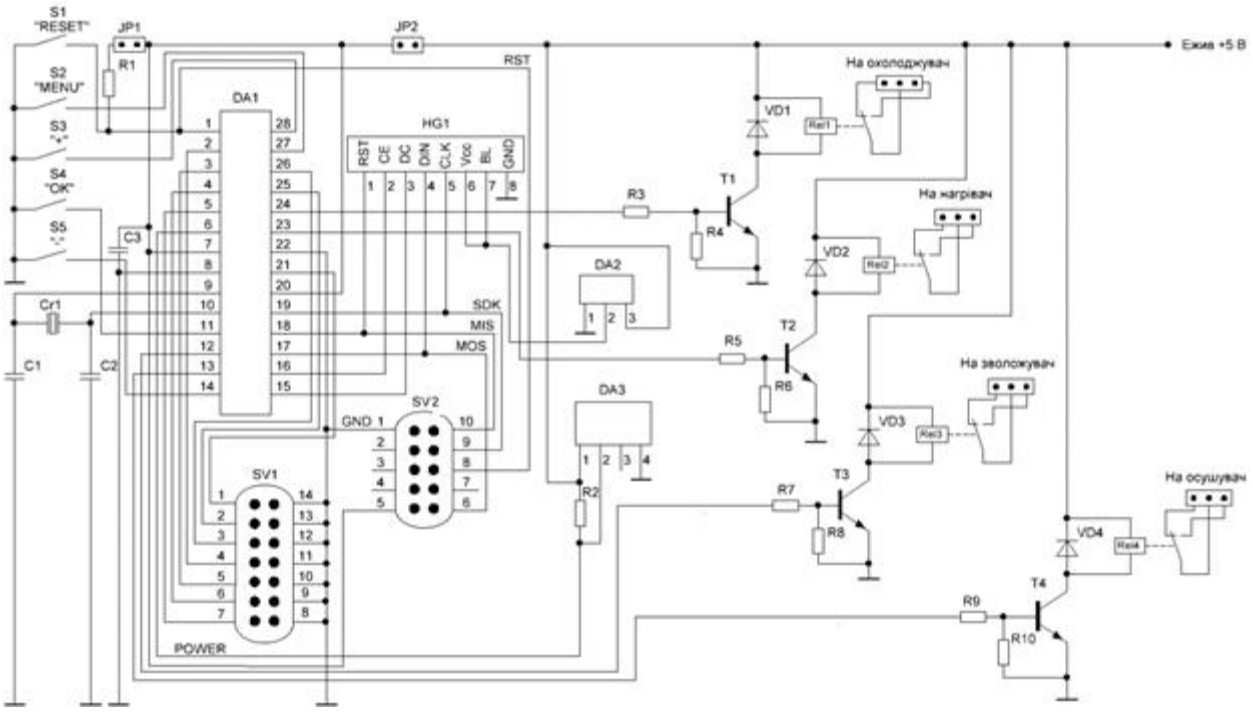


Рисунок 2.29 – Схема електрична принципова регулятора

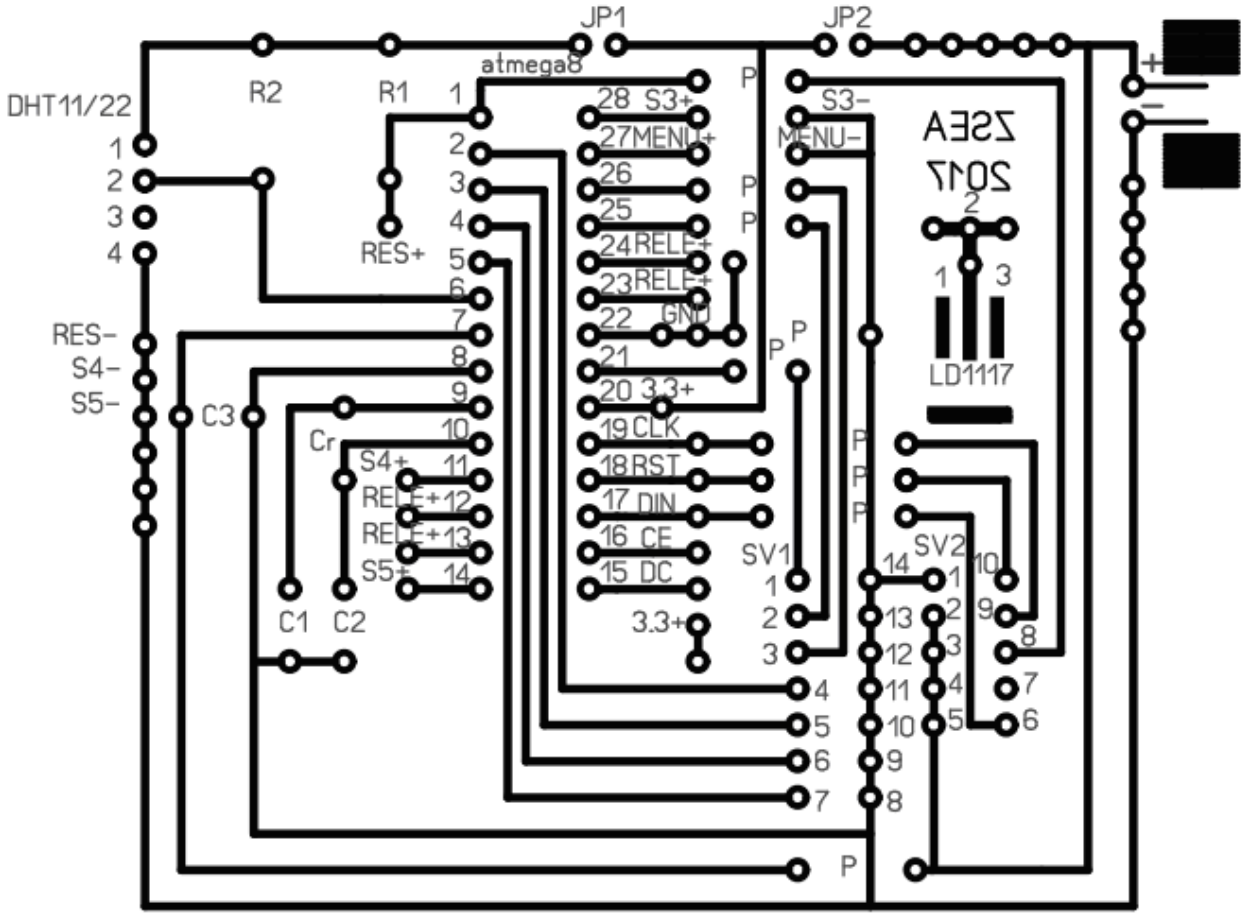


Рисунок 2.30 – Печатна плата регулятора

Прилад виготовлено на фольгованому текстоліті за допомогою метода травлення у розчині хлористого заліза. Розмір плати складає 70×80 мм.

Розроблено та виконано моделювання автоматичного регулятора температури та відносної вологості повітря, який може працювати з двома датчиками – DHT11/22. Створений алгоритм роботи дозволяє, у разі необхідності, замінити датчик без вимкнення живлення приладу. Регулятор автоматично визначає підключений датчик і відновлює свою роботу.

Універсальність розробленої схеми дозволяє оновити програмне забезпечення регулятора на платі, без необхідності демонтажу мікроконтролера. Більшість елементів приєднуються до плати за допомогою конекторів, що дозволяє легко замінити необхідний у разі потреби.

3 Техніко-економічне обґрунтування розробки автоматичного регулятора мікроклімату

3.1 Економічний аспект роботи

З точки зору економічної ефективності, використання автоматичних регуляторів сприятиме економії електроенергії шляхом оптимізації роботи системи опалення, вентиляції, зволоження, осушення, різних пристроїв і приладів, які необхідно у потрібний час і на необхідний період вмикати, і вимикати. Позбавить користувачів від виконання довгої та рутинної роботи, пов’язаної з моніторингом та регулюванням температури, та відносної вологості повітря.

Використання автоматичного регулятора температури та відносної вологості повітря у сільськогосподарському секторі, призведе до збільшення продуктивності виробництва, а підтримка цих параметрів мікроклімату в межах санітарних норм у виробничих та житлових приміщеннях, буде позитивно впливати на самопочуття людей та їх працездатність, що неминуче буде сприяти розвитку економіки.

3.2 Рівні реалізації регулятора

Реалізація завдань роботи містить апаратну та програмну частини автоматичного регулятора температури та відносної вологості повітря. Програма роботи пристрою, яка створювалася на мові програмування С, дає можливість користувачу гнучко налаштувати регулятор згідно своїх потреб. А універсальність розробленої схеми електричної принципової дозволяє без зайвих зусиль замінити більшість елементів на платі без необхідності пайки, у

разі необхідності, а також дозволяє оновлювати програмне забезпечення без демонтажу мікроконтролера.

3.3 Обґрунтування вибору технології виготовлення схеми

Топологічний аналіз показує, що пристрій може бути реалізований у вигляді малогабаритного приладу і виконаний за сучасною маловитратною технологією печатних плат на фольгованому текстоліті. Ця технологія передбачає, що всі елементи будуть навісними, а напиленням на підкладці, або травленням поверхні створюється лише струмопровідний шар.

Для вибору технології виготовлення схеми регулятора проаналізуємо ієрархії чотирьох варіантів (табл. 3.1), враховуючи шкалу відносної важливості (табл. 3.2) [16].

Таблиця 3.1 - Можливі варіанти технологій виробництва пристрою

Технологія		Короткий опис
A	Технологія печатних плат на фольгованому текстоліті	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано травленням фольгованого текстоліту.
B	Товстоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та міжелементні з’єднання виконані у вигляді товстих композитних плівок.
C	Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та міжелементні з’єднання виконані у вигляді тонких плівок провідних та резистивних матеріалів.
D	Тонкоплівкових гібридних мікрозбірок	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано у вигляді тонких плівок.

Таблиця 3.2 - Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	рівна важливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

Вибір робимо за критеріями, наведеними в таблиці 3.3.

Встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв (табл. 3.3) [16].

У матриці прийняті наступні позначення: *i* – номер критерію; при порівнянні 6-ох критеріїв (табл. 3.3) *i* = 1, 2, 3, 4, 5, 6; X_i - локальний пріоритет, тобто відносна вага і-го критерію в глобальному критерії:

Таблиця 3.3 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	6	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^{6}\omega_i}$	X_i
1. Швидкодія	1	1/3	3	1/7	1/5	3	0,664	0,073
2. Завадостійкість	3	1	3	1/3	1/7	3	1,042	0,116
3. Споживання	1/3	1/3	1	1/5	1/7	3	0,460	0,051
4. Площа	7	3	5	1	1/5	7	2,297	0,254
5. Сумісність	5	7	7	5	1	5	4,277	0,473
6. Вартість	1/3	1/5	1/3	1/7	1/5	1	0,293	0,033
$\sum$							9,033	1,00

Далі аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію (табл. 3.4 - 3.9). Оскільки тепер порівнюються 4 технології по одному критерію , то і = 1, 2, 3, 4.

$$X_i = \frac{\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}}{\sum_{i=1}^{4}\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}},$$

де $\sum$ - сума по стовпці $\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$.

Таблиця 3.4 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «швидкодія»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	3	1/5	1	3	1,16	0,19
B	5	1	7	7	3,96	0,65
C	1/3	1/7	1	1/2	0,39	0,07
D	1/3	1/7	2	1	0,56	0,09
$\sum$					6,07	1,00

Таблиця 3.5 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «завадостійкість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	5	1	1/3	1,14	0,21
B	1/5	1	1/5	1/7	0,48	0,09
C	1	5	1	1/3	1,56	0,29
D	3	7	3	1	2,20	0,41
$\sum$					5,37	1,00

Таблиця 3.6 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «споживання»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	5	1/5	1/7	0,61	0,09
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/3	1,85	0,29
D	7	9	3	1	3,71	0,58
$\sum$					6,41	1,00

Таблиця 3.7 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «площа»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	5	3	5	0,99	0,21
B	1/5	1	1/3	1/2	0,24	0,05
C	1/3	3	1	3	2,03	0,43
D	1/5	2	1/3	1	1,47	0,31
∑					4,73	1,00

Таблиця 3.8 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «сумісність»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	5	1/3	1/5	0,76	0,13
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/2	2,41	0,41
D	3	9	2	1	2,47	0,42
∑					5,88	1,00

Таблиця 3.9 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	3	5	6	3,08	0,56
B	1/3	1	3	4	1,41	0,26
C	1/5	1/3	1	2	0,60	0,11
D	1/6	1/4	1/2	1	0,38	0,07
∑					5,47	1,00

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт (табл.. 3.10) [16].

З порівняння глобальних пріоритетів різних технологій видно, що найбільшим є пріоритет у варіанта реалізації схеми регулятора температури та вологості повітря з використанням технології печатних плат на фольгованому текстоліті.

Таблиця 3.10 - Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	№6	Глобальний
Вага	0,073	0,116	0,051	0,254	0,473	0,033	
Печатних плат на фольгованому текстоліті	0,07	0,29	0,29	0,43	0,41	0,11	0,360
Товстоплівкових гібридних інтегральних схем	0,65	0,09	0,04	0,05	0,04	0,26	0,100
Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	0,19	0,21	0,09	0,21	0,13	0,56	0,176
Тонкоплівкових гібридних мікрозбірок	0,09	0,41	0,58	0,31	0,42	0,07	0,364

За допомогою методу аналізу ієрархій проведене порівняння чотирьох типів технологій реалізації схеми регулятора температури та відносної вологості повітря за наступними критеріями: 1) швидкодія; 2) завадостійкість; 3) споживана потужність; 4) площа, займана на кристалі; 5) сумісність; 6) вартість. Найбільший локальний пріоритет у критерія «сумісність» (табл. 3.3). За даними таблиці 3.9 локальний пріоритет за критерієм «вартість» є найвищим для технології печатних плат на фольгованому текстоліті. Проте найбільший глобальний пріоритет мають технологія тонкоплівкових гібридних мікрозбірок та печатних плат на фольгованому текстоліті. Саме технологія печатних плат на фольгованому текстоліті й буде використовуватися для виготовлення схеми автоматичного регулятора.

3.4 Розрахунок витрат на виробництво схеми регулятора температури та відносної вологості повітря

Витрати на матеріали і напівфабрикати вказані в таблицях 3.11, 3.12. Витрати на матеріали і напівфабрикати склали 266,90 грн.

Таблиця 3.11 – Розрахунок вартості матеріалів на виробництво автоматичного регулятора температури та відносної вологості повітря

Матеріали	Одиниця виміру	Кіль-кість	Ціна за одиницю, грн.	Усього витрат грн.
Транзистор BC547	шт.	4	1	4
Резонатор 8 МГц	шт.	1	6	6
Діод 1N4148	шт.	4	0.5	2
Конденсатор 100 нФ	шт.	1	1	1
Конденсатор 22 пФ	шт.	2	1	2
Резистор 5.6 кОм 0.125 Вт	шт.	4	0.2	0.8
Резистор 10 кОм 0.125 Вт	шт.	2	0.2	0.4
Реле SRD-05VDC-SL-C	шт.	4	18	72
Штирьове гніздо	шт.	28	0.23	6.5
Кнопка тактова 12x12	шт.	5	2.2	11
Стабілізатор LD1117S33CTR	шт.	1	3.3	3.3
Дисплей Nokia LCD 5110	шт.	1	75	75
Мікроконтролер ATmega8A	шт.	1	35	35
Датчик DHT11	шт.	1	29	29
Всього				248

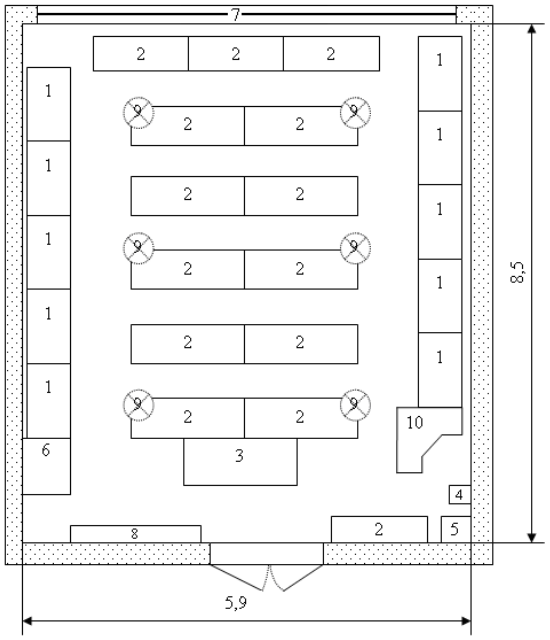
Таблиця 3.12 – Розрахунок вартості напівфабрикатів

Матеріали	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Усього витрат грн.
Фольгований текстоліт 70 × 80 мм	шт.	1	8.00	8.00
Травильник	уп.	1	4.90	4.90
Трафарет	шт.	1	6	6
Усього				18.90

4 Охорона праці та техногенна безпека

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При виконанні дипломної роботи комп’ютерне моделювання та розрахунок електронної схеми регулятора температури та відносної вологості повітря проводилися в приміщенні кафедри ЕІСПЗ, макет якої представлено на рисунку 4.1.



1 - стіл комп'ютерний; 2 - стіл аудиторний; 3 - стіл викладача; 4 - автомат відключення електричного живлення; 5 - шафа силова; 6 - шафа універсальна; 7 - вікно; 8 - дошка аудиторна; 9 - світильник 4-х ріжковий; 10 - стіл адміністратора мережі

Рисунок 4.1 – Макет приміщення в якому проводилися роботи

Площа приміщення складає 50,15 м^2; об’єм 175,52 м^3; довжина приміщення 8,5 м; ширина приміщення 5,9 м; висота приміщення 3,5 м; число вікон 1; число робочих місць 10; освітлення: природне (через бічне вікно) і за-

гальне штучне. Параметри приміщення задовольняють нормативним значенням: площа 6м^2, об’єм 20м^3 на одного працюючого.

Лабораторія є приміщенням легкої категорії (виконуються легкі фізичні роботи), тому повинні дотримуватися такі вимоги (період року – холодний):

- оптимальна температура повітря 22 … 24 ^{o}C (допустима 20 … 24 ^{o}C);
- оптимальна відносна вологість 40 … 60% (допустима не більше 75%);
- швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с.

Оцінка шкідливих і небезпечних факторів та карта умов праці для робочого місця працівника лабораторії представлені в таблиці 4.1.

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок, що умови праці в лабораторії характеризуються наявністю нешкідливих виробничих чинників, які не призводять до зростання захворюваності з втратою працездатності та проявом початкових ознак професійної патології.

На ділянці проведення експерименту значна частина моделювання вироблялася на персональному комп'ютері IBM PC і макетному стенді, оснащеному блоками живлення, програмованими пристроями вхідних дій, реєструючим і вимірювальним устаткуванням. Печатні плати виготовлялися за технологією травлення фольгованого текстоліту на спеціальному стенді з витяжною шафою, розташованому в науково-дослідній лабораторії кафедри.

Тривала робота перед екраном монітора наводить до різних функціональних розладів організму, навантаження на очі. Захворювання поступово накопичуються. В основному страждають кисті, зап'ястя, плечі, шийна область.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

При проведенні моделювання схеми приладу, якість експерименту багато в чому залежить від освітлення, тому в лабораторії має бути передбачене штучне освітлення [28].

Незадовільне освітлення може спотворити інформацію, крім того, викликає стомлення організму в цілому. Неправильне освітлення може з'явитися причиною травматизму.

Залежно від класу приміщення по вибухонебезпеці і від чистоти середовища виробничих приміщень, визначається схема розташування світильників, їх марка і конструктивне виконання [28].

Для освітленості приміщення з розмірами А = 8,5 м, В = 5,9 м та висотою Н = 3,5 м використовуються 6 світильників з чотирма лампами розжарювання. Коефіцієнти віддзеркалення світлового потоку від стелі, стін і підлоги відповідно рівні $p_{пот} = 70\%$, $p_{ст} = 50\%$, $p_{полу} = 10\%$. Затінювання робочих місць немає. Висота світильника $h_с = 0{,}9м$, висота робочої поверхні над рівнем підлоги $h_р = 0.8$ м. Нормативна величина освітленості робочих місць з відео-терміналами складає $E_н = 300...500$ лк. В даному приміщенні освітленість 350 … 500 лк.

При монтажі компонентів на плату і формуванні топологічного рисунка струмопровідного шару виникає потенційна небезпека небажаної дії на організм речовин матеріалів, що утворюються в технологічному процесі. Всі речовини, що забруднюють повітря, надають шкідливу дію, якщо вони потрапляють в організм в кількостях, що перевищують деяку порогову величину. У виробництві плат застосовують певні речовини, які шкідливі для організму. Клас небезпеки шкідливих речовин встановлюється залежно від гранично допустимої концентрації речовин в повітрі робочої зони. Це та концентрація яка переноситься без відхилень від нормального стану в перебігу робочого дня при щоденному диханні. Згідно СН 245-71 встановлюють чотири класи шкідливих речовин: 1-й клас – речовини надзвичайно небезпечні; 2-й клас – речовини високо небезпечні; 3-й клас – речовини помірно небезпечні; 4-й клас – речовини мало небезпечні. Дія токсичних речовин виявляється в гострих і хронічних отруєннях.

При монтажі електронних плат застосовують ацетон, етиловий спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати. Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нервово - психічні захворювання.

Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних шляхів і на шкіру, що наводить до дерматитів.

Основні засоби техніки безпеки – герметизація апаратури і устаткування, наявність припливний витяжній вентиляції в приміщенні проведення робіт і витяжна шафа для виготовлення печатних плат і монтажу компонентів паянням (рис. 4.2).

Витяжна шафа оснащена вентилятором моделі CE 140L-125. Вентилятор має крильчатки із заломленими вперед лопатками і двигун із зовнішнім ротором. Корпус виготовлений з листової сталі, що гальванізується. Для захисту двигуна від перегріву вентилятор оснащений вбудованими термоконтактами з ручним перезапуском.

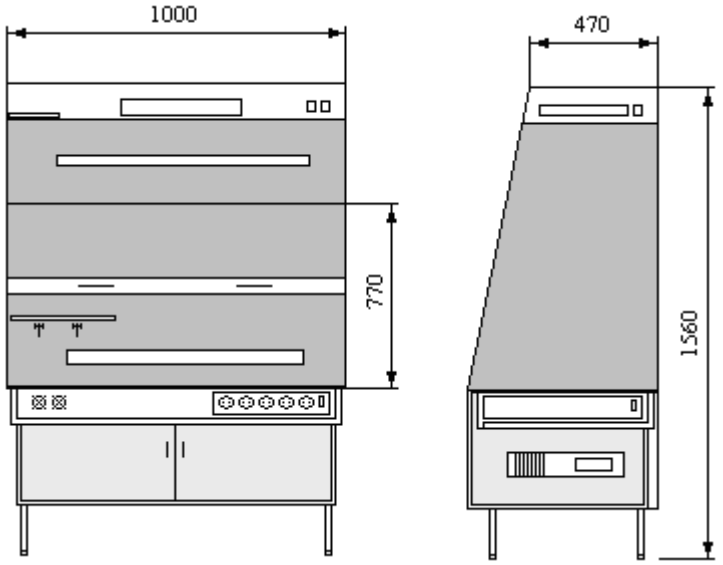


Рисунок 4.2 – Витяжна шафа для виготовлення печатних плат

4.3 Виробнича санітарія

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відео терміналах і персональних комп'ютерах є допоміжною, температура, відносна вологість і швидкість руху повітря на робочих місцях повинні відповідати діючим санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень [28].

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відео терміналах і персональних комп'ютерах є основною, повинні забезпечуватися оптимальні параметри мікроклімату відповідно до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Оптимальні норми мікроклімату для приміщень з відеотерміналами і персональними комп'ютерами

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С (не більше)	Відносна вологість повітря %	Швидкість руху повітря м/с
Холодний	Легка – 1а	22-24	40-60	0.1
Теплий	Легка – 1а	23-25	40-60	0.1

До категорії 1а відносяться роботи, які виконуються сидячи і що не вимагають фізичної напруги, при яких витрата енергії складає до 120 ккал/ч. До категорії 1б відносяться роботи, які виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходьбою і такі, що супроводжуються деякою фізичною напругою, при яких витрата енергії складає від 120 до 150 ккал/год.

У приміщенні проведення експерименту підтримується мікроклімат відповідний нормативам, для категорії робіт «Легка – 1а»

Ергономічне розташування робочого міста за персональним комп’ютером оцінюється вимогами:

- до візуальних параметрів засобів відображення інформації індивідуального користування;

- до емісійних параметрів ПК - параметрів випромінювань дисплеїв, системних блоків, джерел живлення, зокрема безаварійного, і ін.

Робота з дисплеями при неправильному виборі яскравості і освітленості екрану, контрастності, кольорів знаків і фону, за наявності відблисків на екрані, тремтіння і мигтіння зображення - приводить до зорового стомлення, головних болів, до значного фізіологічного і психічного навантаження, до погіршення зору.

Візуальні параметри і світловий клімат визначають зоровий дискомфорт, який може виявлятися при використанні будь-яких типів екранів дисплеїв, - на електронно-променевих трубках, рідкокристалічних, газорозрядних, електролюмінесценціях панелях або на інших фізичних принципах.

4.4 Електробезпека

Для забезпечення захисту від поразки електричним струмом у використовуваних електроустановках повинні застосовуватися технічні способи і засоби захисту.

Приміщення за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом відповідно до ПУЕ і ДСТУ 12.1.013-78 являється приміщенням без підвищеної небезпеки. Приміщення сухе, добре опалюване з струмонепровідною підлогою, з температурою 18-24 °С, з вологістю 40-50%. З електроустаткувань в ньому знаходяться відео термінальні пристрої та учбові стенди, які знаходяться під напругою U = 220 В, частотою f = 50 Гц.

Вибір того або іншого способу або засобу захисту (або їх поєднань) в конкретному електроприладі, і ефективність його вживання залежать від цілого ряду чинників, у тому числі від:

- номінальної напруги;
- роду, форми і частоти струму використовуваного приладу;
- способу електропостачання (від стаціонарної мережі, від автономного джерела живлення електроенергією);
- вигляду виконання (стаціонарні, пересувні, переносні);
- умов зовнішнього середовища;

- схеми можливого включення людини в ланцюг протікання струму (прямий однофазний, прямий двофазний дотик; включення під напругу кроку);

- вигляду робіт (монтаж, наладка, випробування) і ін.

Основними технічними засобами захисту є:

- захисне заземлення;

- автоматичне відключення живлення (занулення);

- пристрої захисного відключення;

- ізоляція струмопровідних частин.

Принцип роботи ПЗВ (рис. 4.3) полягає в тому, що воно постійно контролює вхідний сигнал і порівнює його з наперед заданою величиною. Якщо вхідний сигнал перевищує встановлене значення, то пристрій спрацьовує і відключає захищену електроустановку від мережі. Як вхідні сигнали пристроїв захисного відключення використовують різні параметри електричних мереж, які несуть в собі інформацію про умови поразки людини електричним струмом.

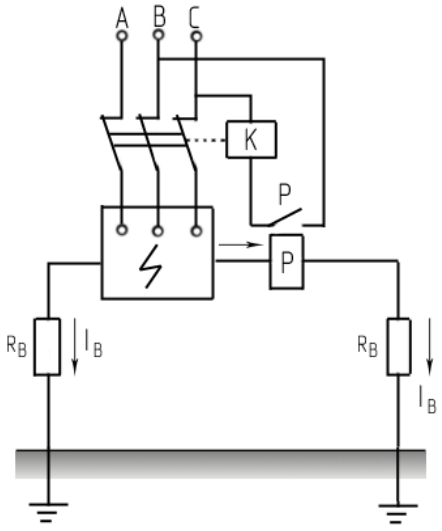


Рисунок 4.3 - Проста схема пристрою захисного відключення

Основними елементами будь-якого пристрою захисного відключення є датчик, перетворювач і виконавчий орган.

Основними параметрами, по яких підбирається те або інші ПЗВ є: номінальний струм навантаження, тобто робочий струм електроустановки, який

протікає через нормально замкнуті контакти ПЗВ в черговому режимі; номінальна напруга; встановлене значення напруги; час спрацьовування пристрою [28].

4.5 Пожежна безпека. Техногенна безпека

Виробництво напівпровідникових приладів, згідно ДБН В.1.1–7–2002, відноситься до категорії Б, оскільки це виробництво зв'язане із застосуванням речовин спирту і ацетону з температурою спалаху пари від 28 до 60°С горючих газів. Для зниження пожежної небезпеки використовують обмежену кількість матеріалів які обертаються в процесі, зберігаються, здатні горіти.

Характерними причинами виникнення пожеж в лабораторії є необережне поводження з вогнем, порушення технологічних процесів, неправильні електропроводки і устаткування, неправильне користування електричними приладами і ін. Для лабораторії встановлена категорія пожежної небезпеки В.

Основні будівельні конструкції будівлі, в якій знаходиться ділянка, виконані з тих, що не згорають і важко згорають матеріалів, що цегельних і виштукатурюють. Отже, вогнестійкість будівлі має 2 рівень. Для евакуації людей на випадок пожежі, згідно ДБН В.1.1–7–2002, в лабораторії є два евакуаційні виходи, розташованих в протилежних кінцях приміщення ділянки. Ширина дверей і сходів рівна 1,6 м, що відповідає нормі.

Відстань від найбільш видаленого робочого місця до найближчого виходу – 15 м. Швидкість пересування людей при евакуації – 16 м/хв [28].

Згідно правилами влаштування електроустановок ПВЕ, будівля, в якій знаходиться ділянка по заходах захисту від блискавок, відноситься до категорії 3 і захищається від прямих ударів блискавок, і від замету високих потенціалів через землю, тобто підземні металеві комунікації приєднуються при введенні в об'єкт, що захищається, до заземлювачів електроустаткування. Отже, грозозахист заснований на стержневих громовідводах.

Для попередження пожеж на ділянці необхідно створити строгий протипожежний режим. Створюється загально об'єктова і лабораторна інструкція по ПБ, проводиться первинний протипожежний інструктаж на робочому місці; створюється план протипожежних заходів і евакуації людей на випадок пожежі.

Як вогнегасні речовини можна застосовувати воду, вуглекислоту, хімічну і повітряно-механічну піну. Для гасіння вогнищ усередині будівлі на майданчиках сходових кліток, в коридорах і отворі встановлюють пожежні крани, які розміщені в шафах, де знаходиться і рукав з протипожежним стволом. Для гасіння пожеж електроустановок використовується вуглекислий вогнегасник ОУ-2, в кількості двох вогнегасників на приміщення. Існують пожежна електрична сигналізація, яка забезпечує прямий зв'язок пожежної охорони з охоронним об'єктом. У даній будівлі застосовують звукову систему сигналізації. При появі сигналу сповіщення про пожежу співробітники лабораторії № 216 організовано без паніки покидають лабораторію і, залежно від місця спалаху, слідують або вліво через лабораторний корпус для виходу на вулицю Добролюбова, або управо для виходу на вулицю 40 років Радянської України (рис. 4.4).

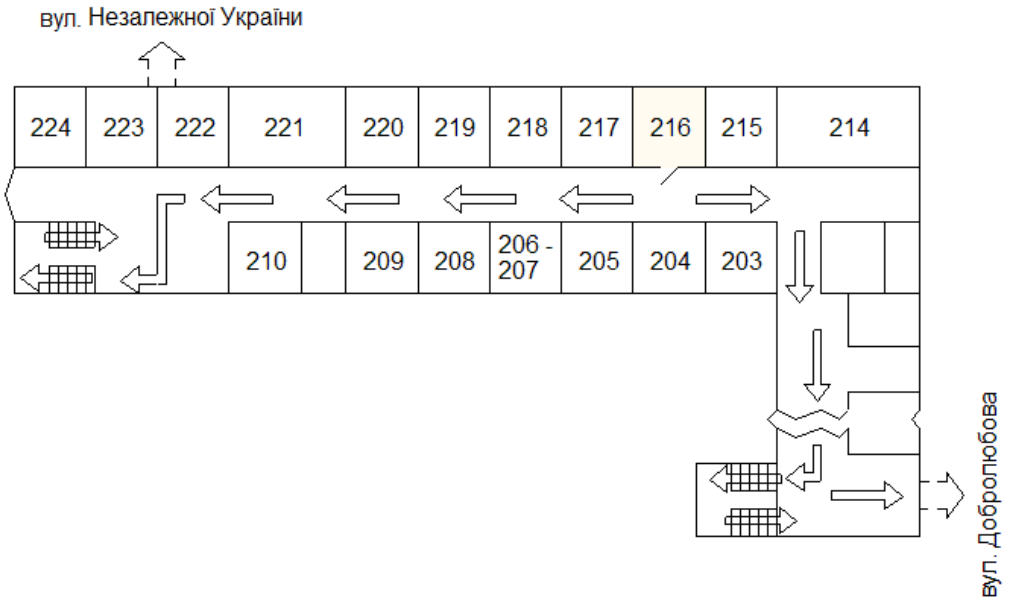


Рисунок 4.4 – План евакуації при пожежі із аудиторії № 216

4.6 Розрахунок захисного заземлення

Заземленню підлягають вимірювальні установки, напруга живлення яких 220 В. У якості заземлювача візьмемо сталеві вертикальні стержні довжиною l = 2.5 м, діаметром d = 0.04 м, діаметр сполучної смуги b = 0.04 м. Контур заземлення розташовано на горизонтальному майданчику біля корпусу академії. Грунт – суглинок.

Допустимий опір заземлюючого пристрою ($R_н$) дорівнює 4 Ом [28]. Визначимо питомий електричний опір ґрунту (суглинку), ρ якого дорівнює 100 Ом·м [28].

Розрахуємо опір розтікання струму одного вертикального стержня:

$$R_в = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d} = \frac{100}{2 \cdot 3.14 \cdot 2.5} \ln \frac{4 \cdot 2.5}{0.04} = 35.1 Ом \quad (4.1)$$

Приймемо число заземлювачів:

$$n = \frac{R_l}{R_n} = \frac{35.1}{4} = 8.775 \approx 9 \quad (4.2)$$

Визначимо довжину горизонтальної смуги (по контуру):

$$l_г = a \cdot n \quad (4.3)$$

де а – відстань між вертикальними електродами (а = 2 м)

$$l_г = 2 \cdot 9 = 18 \text{ м} \quad (4.4)$$

Опір горизонтальної смуги:

$$R_{2c} = \frac{\rho}{\pi \cdot l_г} \cdot \frac{4 \cdot l_г}{b} = \frac{100}{3.14 \cdot 18} \cdot \ln \frac{4 \cdot 18}{0.04} = 13.2 \text{ Ом} \quad (4.5)$$

Коефіцієнт екранування для вертикального заземлювача [28]:

$$\eta_в = \frac{0.68 + 0.56}{2} = 0.62 \quad (4.6)$$

і для горизонтальної смуги

$$\eta_г = \frac{0.34 + 0.4}{2} = 0.37 \quad (4.7)$$

Опір групи вертикальних заземлювачів:

$$R_{гр} = \frac{R_{вз}}{n \cdot \eta_в} = \frac{35.1}{9 \cdot 0.62} = 6.3 \text{ Ом} \quad (4.8)$$

Опір горизонтальної смуги з врахуванням екранування:

$$R_г = \frac{R_{го}}{\eta_г} = \frac{13.2}{0.37} = 35.6 \text{ Ом} \quad (4.9)$$

Опір заземлювача в цілому:

$$R_з = \frac{R_{гр} \cdot R_г}{R_{гр} + R_г} = \frac{6.3 \cdot 35.6}{6.3 + 35.6} = 5.3 \text{ Ом} \quad (4.10)$$

Як видно, опір заземлювача перевищує нормативний (4 Ом), тому збільшимо кількість заземлювачів:

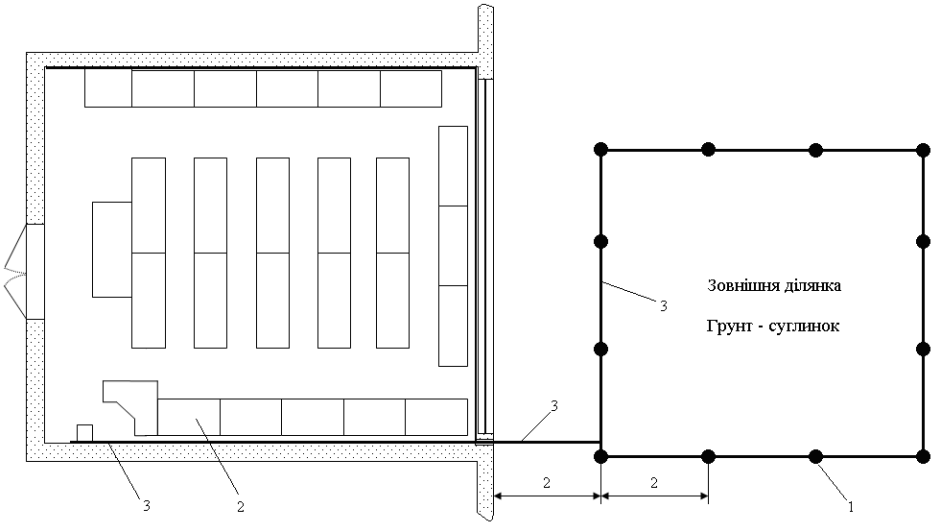
$$n = 10$$

тоді опір заземлювача в цілому складе $R_з = 4.6$ Ом, що теж більше $R_н$.

Якщо n = 11, то $R_з = 4.2 > R_н$.

Якщо n = 12, то $R_з = 3.99 < R_н$.

Число заземлювачів дорівнює 12, які розміщені по контуру зовнішньої ділянки, як показано на рисунку 4.5.



1 – заземлювачі

2 – електроустаткування що заземлюється

3 – сполучна смуга

Рисунок 4.5 – Розміщення заземлюючих електродів на зовнішній ділянці та сполучної смуги лабораторії проведення експерименту

Таким чином, для виконання захисного заземлення використовується 12 вертикальних стержнів діаметром 0.04 м, завдовжки 2.5 м, кожен з яких має опір 31.5 Ом. Опір сполучної смуги 13.2 Ом. Опір заземлювачів в цілому складе 3.99 Ом, що забезпечує безпечну роботу на установках лабораторії.

Висновки та рекомендації

Особливе місце в автоматизації підтримки кліматичних параметрів належить регуляторам температури та вологості, які широко використовуються як у житлових приміщеннях, так і на підприємствах харчової, і легкої промисловості, сільського господарства. Розроблена модульна система контролю дозволяє підтримувати ці параметри мікроклімату у заданих межах. До приладу можна підключити два датчики (DHT11/22), які мають різні діапазони вимірюваних величин, швидкодію, а відповідно і ціну. Це дає можливість користувачу обрати необхідний і не переплачувати за непотрібний функціонал.

Під час розробки особлива увага приділялася універсальності схеми. Реалізована можливість оновлення програмного забезпечення регулятора на платі, без необхідності демонтажу мікроконтролера, а більшість елементів приєднуються до плати за допомогою конекторів, що дозволяє легко замінити необхідний у разі потреби.

У процесі розробки було вивчено безліч вітчизняних і зарубіжних джерел інформації мережі Інтернет, технічні характеристики необхідних елементів для створення регулятора температури та відносної вологості повітря. Були створені алгоритм роботи та програмне забезпечення регулятора на базі мікроконтролера.

На підставі проведених робіт можна зробити наступні висновки:

1. Розраховано та змодельовано автоматичний регулятор температури та відносної вологості повітря.

2. Розроблені алгоритм, схема електрична принципова та печатна плата регулятора.

3. Створений тестовий зразок приладу.

4. Під час розробки була застосована сучасна елементна база, що дозволило мінімізувати схемне рішення та знизити собівартість приладу.

Перелік посилань

1. Мухін В.С. Пристрої контролю та засоби автоматики теплових процесів: Навчальне видання. Київ : Видавництво «Вища школа», 1988. С. 256

2. Автоматизація теплиць. Обладнання для теплиць URL: http://parnyk.com/avtomatizatsiya-teplits-obladnannya-dlya-teplits (дата звернення: 10.09.2024).

3. Atmel Corporation. Atmega8 datasheet. URL: http://www.atmel.com/images/atmel-2486-8-bit-avr-microcontroller-atmega8_l_datasheet.pdf. (Дата звернення: 13.10.2024).

4. EIE: Електротехніка і електромеханіка – науково-практичний журнал. 2019. URL: www.kpi.kharkiv.edu/eie. (Дата звернення: 10.09.2024).

5. RadioPartal: Сайт для радіоаматорів – підручники, довідники, схеми, журнали. 2019. URL: pradiopartal.tut.su. (Дата звернення: 10.09.2024).

6. Автоматизація систем вентиляції URL: http://www.rtf-info.ru/automatika.html. (Дата звернення червень 2024.

7. Електротехнічна енциклопедія №16. Датчики URL: http://electrolibrary.info/subscribe/sub_16_datchiki.htm. (Дата звернення вересень 2024).

8. Датчики температури URL: http://www.devicesearch.ru/article/datchiki-temperatury. (Дата звернення вересень 2024).

9. Датчики виміру вологості (гігрометри) URL: http://www.devicesearch.ru/article/datchiki-vlajnosti. (Дата звернення вересень 2024).

10. Датчики вологості - як побудовані та працюють URL: http://electrik.info/main/automation/1083-datchiki-vlazhnosti-kak-ustroeny-i-rabotayut.html. (Дата звернення вересень 2024).

11. Мікроконтролер [Електронний ресурс] URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Мікроконтролер.

(Дата звернення жовтень 2024).

10. Пристрій і структура мікроконтролерів AVR URL: http://ua.nauchebe.net/2011/11/pristrij-i-struktura-mikrokontroleriv-avr/. (Дата звернення жовтень 2024).

12. Скорочений Курс - Самовихователь AVR URL: http://www.123avr.com/02.htm. (Дата звернення жовтень 2024).

13. Датчики температури і вологості DHT11 и DHT22 и Arduino URL: http://arduino-diy.com/arduino-datchiki-temperatury-i-vlazhnosti-DHT11-i-DHT22. (Дата звернення жовтень 2024).

14. ATMEGA8A-PU URL: http://tec.org.ru/board/atmega8a_pu/99-1-0-1021. (Дата звернення листопад 2024).

15. Бойко В.І., Гуржій А.М., Жуйков В. Я. Основи схемотехніки електронних систем: підручник. К. : Вища шк., 2004. 527 с

16. Белуха М.Т. Основи наукових досліджень. – К. : Вища шк., 1997. 271с.

17. Кожемякін Г.Б., Рижков В.Г., Бєлоконь К.В. Охорона праці та техногенна безпека: методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт для студентів ЗДІА всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 48 с.

18. Ткачук К.Н. Охорона праці і довкілля в радіоелектронній промисловості. Київ : Вища шк., 1988. 240 с.

19. Горобець А.І. Степаненко А.І. Охорона праці в радіоелектронній промисловості. Київ : Техніка, 1987. 345 с.

Додаток А

Поз. Познач.	Найменування	Кільк	Прим.
	Кнопки		
S1 – S5	SMD 12×12 – 7.0	5	
	Резистори		
R1, R2, R4, R6, R8, R10	10 кОм 250 мВт	6	
R3, R5, R7, R9	5.6 кОм 250 мВт	4	
	Діоди		
VD1- VD4	1N4148	4	
	Датчики		
DA3	DHT 11/22	1	
	Стабілізатори напруги		
DA2	LD1117S33CTR	1	
	Конденсатори керамічні		
C1, C2	К10 – 17Б – 22 пФ ± 5%	2	
C3	К10 – 17Б – 100 нФ ± 10%	1	
	Резонатор		
Cr1	НС – 49S 8 МГц	1	
	Дисплей		
HG1	Nokia LCD 5110	1	
	Транзистори		
T1 – T4	BC547	4	
	Мікроконтролери		
DA1	Atmega8	1	

					ІННІ ЗНУ 81763 ДР	
Вим	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.		Науменко М.С.			Схема електрична принципова регулятора	Літ: Н; Маса: ; Масштаб:
Керівник		Верьовкін Л.Л.				Лист 4; Листів 10
Консульт.						
Н. контр.		Верьовкін Л.Л.				8.1763
Затвердив		Критська Т.В.				

Додаток Б

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні ЗНУ
Національний університет «Києво-Могилянська академія» (м. Київ)
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (м. Дніпро)
Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)
Полтавський державний аграрний університет (м. Полтава)
Хмельницький університет управління та права імені Леоніда Юзькова (м.Хмельницький)
Криворізький національний університет (м. Кривий ріг)
ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет» (м. Дніпро)
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (м. Чернівці)
Міністерство внутрішніх справ
Запорізький науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Державна аудиторська служба України
Управління Східного офісу Держаудитслужби в Запорізькій області
Технічний Університет Молдови (республіка Молдова, м. Кишинев).
Маріямпольський університет прикладних наук (Маріямполе, Литва)
Університет Александраса Стульгінскіса (Каунас, Литва)
Університет Вітаутаса Великого (Каунас, Литва)
Університет Ромернса (Литва)
Інститут розвитку міжнародної співпраці (Республіка Польща)
Вища Школа Управління Охороною Праці в Катовіцах (Республіка Польща)
Ченстоховський Технологічний Університет (м. Ченстохова, Республіка Польща)
Гуманітарно-Природничий Університет ім. Яна Длугоша в Ченстохова
(м. Ченстохова, Республіка Польща).



Міжнародна науково-практична конференція

Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні

Запорізького національного університету

«Сучасні перспективи розвитку обліку, фінансів, економіки, управління, права та інженерії»

5 – 6 грудня 2024 р.

м. Запоріжжя

УДК 681.32:007

Верьовкін Л.Л., к.т.н., доцент, доцент кафедри електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, м. Запоріжжя

Науменко М.С. студент 2 курсу спеціальності 176 «Мікро- та наносистемна техніка», Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, м. Запоріжжя

МІКРОЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ

Зниження трудомісткості процесу підтримки кліматичних умов в спеціалізованих приміщеннях є дуже важливою проблемою. Це цілий комплекс заходів спрямованих на автоматизацію регулювання різних параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості повітря, освітленості, вологості ґрунту.

Розробка автоматичного регулятора відносної вологості та температури є актуальною задачею. Універсальність дозволятиме використовувати його як у сільськогосподарському секторі, для збільшення продуктивності виробництва, так і для підтримки санітарних норм мікроклімату у виробничих та житлових приміщеннях.

Регулятор або керуючий пристрій – це система, яка стежить за зміною деяких параметрів об'єкта управління (безпосередньо, або за допомогою спостерігачів) і реагує на їх зміну генерацією управляючих сигналів за певним алгоритмом (рис. 1).

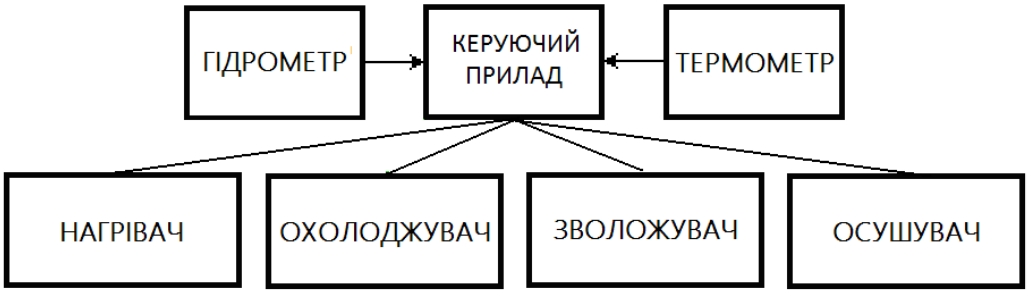


Рисунок 1 - Структурна схема регулятора температури та вологості [1]

На керуючий прилад (контролер) з датчиків приходять сигнали, в залежності від встановлених користувачем верхнього та нижнього порогів та обраної логіки, відбувається спрацьовування реле (вмикання/вимикання) кіл нагрівача/охолоджувача та зволожувача/осушувача. Таким чином система автоматично, без безпосередньої участі людини, регулюватиме заданий рівень температури та відносної вологості.

Мікроелектронну систему формування мікроклімату створено на базі багатофункціонального мікроконтролера ATmega8A, який автоматично визначає підключений до приладу датчик і забезпечує керування навантаженням. ATmega8A - малопотужний 8-разрядний мікроконтролер, на основі

комплементарної метал-діелектрик-напівпровідникової логіки. За рахунок виконання більшості інструкцій за один машинний цикл ATmega8A досягає продуктивності 1 млн. операцій в секунду, що дозволяє проектувальникам систем оптимізувати співвідношення енергоспоживання і швидкодії.

Виконано моделювання автоматичного регулятора температури та відносної вологості повітря, який може працювати з двома датчиками – DHT11/22 (рис. 2).

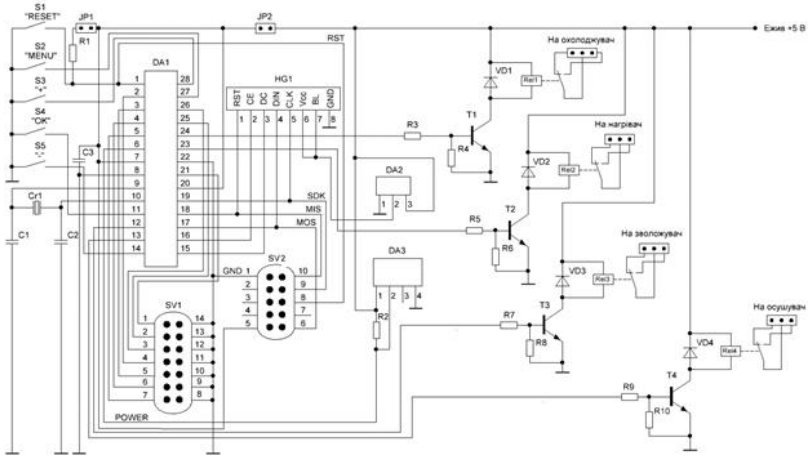


Рисунок 2 – Електрична принципова схема регулятора [2]

Створений алгоритм роботи дозволяє, у разі необхідності, замінити датчик без вимкнення живлення приладу. Регулятор автоматично визначає підключений датчик і відновлює свою роботу.

Універсальність розробленої схеми дозволяє оновити програмне забезпечення регулятора на платі, без необхідності демонтажу мікроконтролера. Більшість елементів приєднуються до плати за допомогою конекторів, що дозволяє легко замінити їх у разі потреби.

Розроблені алгоритм роботи та програмне забезпечення регулятора на базі мікроконтролера, схема електрична принципова та печатна плата регулятора, відрізняються від існуючих аналогів універсальністю.

Література

1. Мухін В.С. Пристрої контролю та засоби автоматики теплових процесів: Навчальне видання. Київ : Видавництво «Вища школа», 1988. С. 256.

2. Бойко В. І., Гуржій А. М., Жуйков В. Я. Основи схемотехніки електронних систем: підручник. Київ : Вища шк., 2004. 527 с