

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
Інженерно-технічний факультет
кафедра електронних систем

кваліфікаційна бакалаврська робота

На тему: Пристрій контролю випробувань електронної апаратури

Студента 4 курсу

Мошака Максима Вікторовича

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник кандидат фіз.-мат. наук Юркін Ігор Михайлович

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

(підпис)

Голова ЕК:

Лоя В.Ю. канд. тех.наук., ст. н. с. ІЕФ НАНУ.

(прізвище, ініціали, вчене ступінь та звання)

(підпис)

Заяць Т.М.- канд. фіз.-мат наук, доц. кафедри ЕС.

(прізвище, ініціали, вчене ступінь та звання)

(підпис)

Юркін І.М.- канд. фіз.-мат наук, доц. кафедри ЕС.

(прізвище, ініціали, вчене ступінь та звання)

(підпис)

Слесивих О.О.-канд. фіз.-мат наук, доц. кафедри ЕС.

(прізвище, ініціали, вчене ступінь та звання)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Ужгород – 2023

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,
доц.  (Заяць Т. М.)
“15” червня 2023 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу
студенту Мошаку Максиму Вікторовичу

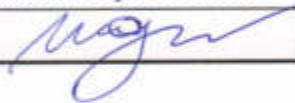

1. Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: “ Пристрій контролю випробувань електронної апаратури ”.
Затверджені Розпорядженням декана ІТФ від «12» травня 2023 року № 15
Термін закінчення студентом бакалаврської кваліфікаційної роботи:
10 червня 2023 року.
2. Вихідні дані до курсової роботи.
 - Провести пошук аналогів пристроїв контролю випробувань електронної апаратури
 - Проаналізувати переваги та недоліки різних аналогів об'єкту проектування.
 - Розробити технічну пропозицію із слідуючими параметрами:
 - напруга живлення(постійний струм) 5,12,24В;
 - напруга живлення(змінний струм) 220В;
 - Споживання, не більше 3кВт;
 - Діапазон температур -40°C до +80°C з точністю до $\pm 1^\circ\text{C}$;
 - Діапазон вологості 0% до 100% з точністю до $\pm 3\%$;
 - Тип мікроконтролера AVR.
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці).

Вступ.

 1. Огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування
 2. Проектно-конструкторський розділ
 3. Розробка принципової схеми
 4. Вибір елементів принципової схеми
 - 4.1. Розрахунок компонентів трансформатора для трансформації напруги
 - 4.2. Розрахунок стабілізаторів напруги
 - 4.3. Розрахунок транзисторних ключів
 - 4.4. Розрахунок електронних перемикачів
 - 4.5. Розрахунок керуючої схеми для ультразвукового п'єзоелементу
 - 4.6. Підбір головного мікроконтролера
 - 4.7. Вибір датчиків та елементів зв'язку з мікроконтролером

Висновки
Перелік посилань
4. Перелік графічного матеріалу, в тому числі обов'язкових креслень.
 1. Структурна схема.
 2. Принципова електрична схема.

5. Консультанти роботи, вказати з яких розділів.

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
		доц. Юркін І.М.	Мошак М.В.
Нормоконтроль	доц. Спесивих О.О.		

6. Дата видачі завдання 23 листопада 2022 року.


Керівник роботи  (доц. І.М. Юркін)
(підпис)

Завдання прийняв на виконання  (М.В. Мошак)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів виконання КБР	Термін виконання етапів	Примітки
1.	Пошук та аналіз аналогів об'єкта досліджень.	до 20.12.2022 року	
2.	Огляд та аналіз аналогів.	до 20.02.2023 року	
3.	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції.	до 20.03.2023 року	
4.	Синтез структурної та принципової схем, їх розрахунок.	до 20.04.2023 року	
5.	Виготовлення конструкторської документації.	до 20.05.2023 року	
6.	Оформлення кваліфікаційної бакалаврської роботи.	до 10.06.2023 року	
7.	Захист на державній екзаменаційній комісії.	Згідно з графіком захисту	

Студент  (М.В. Мошак)
(підпис)

Керівник роботи  (доц. І.М. Юркін)
(підпис)

Реферат

Кваліфікаційна бакалаврська робота: сторінок – 40, рисунків – 17, таблиць – 10, формул – 14, джерел літератури -15.

Об'єкт розробки - Пристрій контролю випробувань електронної апаратури

Мета роботи : включає огляд і аналіз аналогів об'єкту проектування та розробку структурної схеми, принципової схеми та іншої графічної документації до пристрою. Під час виконання роботи також навчаємося та демонструємо розробку принципової та структурної схем з розрахунком їх електрорадіоелементів.

У даній роботі проведено аналіз аналогів об'єкту проектування та розроблено структурну та принципову схеми згідно з вимогами технічного завдання. Описано основні технічні характеристики та розглянуто тенденції розвитку. Робота включає структурну та принципову схеми, а також розрахунки номіналів елементів пристрою.

Пристрій контролю випробувань електронної апаратури

ABSTRACT

Qualification Bachelor's thesis: 40 pages, 17 figures, 10 tables, 14 formulas, 15 literature sources.

Development Object - Device for electronic equipment testing control

Objective of the thesis: includes reviewing and analyzing analogs of the design object and developing the structural and schematic diagrams, as well as other graphical documentation for the device. During the work, we also learn and demonstrate the development of schematic and structural diagrams with calculations of their electronic components.

In this thesis, an analysis of analogs of the design object was conducted, and structural and schematic diagrams were developed according to the requirements of the technical task. The main technical characteristics are described, and trends in development are discussed. The work includes structural and schematic diagrams, as well as calculations of device component values.

Device for electronic equipment testing control

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
 Інженерно-технічний факультет
 Кафедра електронних систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,

доц.  (Заяць Т. М.)





«15» червня 2023 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

На кваліфікаційну бакалаврську роботу
 на тему:

Пристрій контролю випробувань електронної апаратури

КБР ЕС 19050039.001 ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Мошак М.В.		15.06.23			
Перев.		Юркін І.М.		15.06.23	УжНУ, ІТФ, гр.ЕС, 4 курс		
Н.контр.		Слесивих О.О.		15.06.23			
Затверд.		Заяць Т.М.		15.06.23			

Пристрій контролю
 випробувань електронної
 апаратури
 Пояснювальна записка

Зміст

Вступ	3
1.Огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування	5
2.Проектно-конструкторський розділ	9
3.Синтез та аналіз принципової схеми	12
4.Вибір елементів принципової схеми	13
4.1. Розрахунок компонентів трансформатора для трансформації напруги	14
4.2.Розрахунок стабілізаторів напруги	17
4.3.Розрахунок транзисторних ключів	22
4.4.Розрахунок електронних перемикачів	25
4.5.Розрахунок керуючої схеми для ультразвукового п'єзоелементу	28
4.6.Підбір головного мікроконтролера.....	31
4.7.Вибір датчиків та елементів зв'язку з мікроконтролером.	35
Висновки	38
Перелік посилань	39

Додатки:

Додаток А. Структурна схема КБР ЕС-19050039.001. Е1

Додаток Б. Принципова схема КБР ЕС-19050039.001. Е3

Додаток В. Перелік елементів КБР ЕС-19050039.001. ПЕ

Додаток Г. Специфікація КБР.ЕС.19050039.001.СП

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						2
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Пристрій контролю випробувань електронної апаратури – це пристрій, який використовується для перевірки працездатності та відповідності до заданих параметрів електронних компонентів та пристроїв. Він дозволяє симулювати екстремальні умови експлуатації та визначити, як вони впливають на функціональність та надійність електронних пристроїв.

Цей пристрій зазвичай складається з камери, яка може контролювати температуру та вологість, та додаткових пристроїв, таких як датчики температури та вологості, системи охолодження, інструментів для збору даних тощо.

Процес випробування може бути програмованим та автоматизованим, щоб забезпечити стандартизовані умови для кожного тесту. Пристрій може випробовувати електронні пристрої при різних температурах та вологості, які можуть симулювати екстремальні умови експлуатації, такі як висока вологість, низькі або високі температури, раптові зміни температури тощо.

Після випробування пристрій може аналізувати дані, отримані в процесі тестування, та звітувати про рівень функціональності та надійності електронних пристроїв. Це дозволяє виробникам електронної апаратури забезпечити високу якість та надійність своїх продуктів під час експлуатації в різних умовах.

Крім того, такий пристрій може бути використаний для випробування виробів на відповідність стандартам та вимогам різних індустрій, таких як автомобільна, авіаційна, медична та інші галузі. Виробники можуть використовувати дані, отримані в процесі тестування, щоб підвищити якість своїх продуктів та забезпечити їхню надійність та довговічність в різних умовах.

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						3
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Загалом, пристрій для випробування приладів електронної апаратури за допомогою температури та вологості є важливим інструментом для виробників електронної апаратури.

Він дозволяє підвищити якість та надійність продуктів та забезпечити їхню відповідність стандартам та вимогам різних галузей.

Отже, пристрій для випробування приладів електронної апаратури за допомогою температури та вологості є важливим інструментом для виробників та дослідників, який дозволяє оцінити функціональність та надійність електронної апаратури під різними умовами.

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						4
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1.Огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування

Одним з аналогів, який можна використати для проведення тестування обладнання, є кліматична термокамера ТН-І-180.



Рис.1.ТН-І-180 , кліматична камера [1]

Потрібно відзначити, що кліматична камера, про яку йдеться, є досить складним обладнанням. У зв'язку з цим ми зосередимося на основних характеристиках цієї камери, щоб створити власне обладнання для проведення тестування.

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						5
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Табл.1.Характеристики кліматичної камери ТН-І-180[1]

Модель		ТН-І-180
Об'єм		180
Діапазон температур, °С		-30...+120
Час	Нагрівання, хв	50 хв (від -30°С до 120°С)
	Охолодження, хв	60 хв (від 20°С до – 30°С)
Вологість	Діапазон,% відн.вл.	30-80 при 10°С
		20-98 при 20...80°С
		20-80 при 90°С

Також можна згадати про кліматичну камеру Binder MKF 56, яка має менший об'єм камери. Це дозволить більш точно оцінити різницю між термокамерами.



Рис.2. Binder MKF 56, кліматична камера [2]

Табл.2. Характеристики кліматичної камери Binder MKF 56 [2]

Модель		MKF 56
Об'єм		60
Діапазон температур, °C		-40...+180
Час	Нагрівання, хв	1 хв (на 5°C)
	Охолодження, хв	90 хв (від 180°C до – 30°C)
Вологість	Діапазон, %	10-98
Потужність	кВт	2,8
Напруга в мережі(при 50Гц)	В	230

У зв'язку з тим, що принципові схеми цих кліматичних камер не доступні окремо, оскільки вони є готовими продуктами та захищені інтелектуальною власністю, ми повинні розробити власну схему.

Один з найпростіших способів вирішення цього завдання полягає у використанні схеми, де головний мікроконтролер виступає в ролі керуючого пристрою, що управляє іншим обладнанням. Такі схеми часто отримують назву схем керування або контролю. Залежно від конкретної системи або застосування, вони можуть мати різні назви, наприклад, автоматизовані системи керування (АСК), системи управління та моніторингу (СУМ), контролери, мікроконтролерні системи (МКС) і так далі. У нашому випадку найбільш оптимальним вибором буде використання мікроконтролерної системи (МКС).

МКС є комплексною системою, яка включає в себе мікроконтролер (МК), периферійні пристрої, внутрішню та зовнішню пам'ять, інтерфейси для зв'язку з іншими пристроями та програмне забезпечення, що керує всіма цими компонентами.

Мікроконтролер виступає як центральний інтегральний пристрій в МКС і має вбудований процесор, пам'ять для зберігання програмного коду та даних, а також різноманітні периферійні пристрої, такі як порти введення/виведення (GPIO), таймери, засоби зв'язку (наприклад, UART, SPI, I2C) та інші. Мікроконтролер виконує програми, які забезпечують керування та керують роботою інших пристроїв в рамках системи. Використання МКС дозволяє реалізувати широкий спектр функціональності та можливостей для управління і контролю в різних пристроях та системах.

Однак, з урахуванням того, що більшість сучасного обладнання має компактний розмір, ми можемо зменшити об'єм нашої камери, що дозволить спростити пристрій. Що в загальному зможе виконати практично ті самі завдання для випробування електронної апаратури.

Таким чином, якщо порівняти з аналогами, наше технічне завдання буде виглядати наступним чином:

- Напруга живлення (постійний струм) 5,12,24 В;
- Напруга живлення (змінний струм) 220В;
- Споживання, не більше 3кВт;
- Діапазон температур -40°C до +80°C з точністю до $\pm 1^\circ\text{C}$;
- Діапазон вологості 0% до 100% з точністю до $\pm 3\%$;
- Тип мікроконтролера AVR;
- Тип навантаження активне.

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						8
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2.Проектно-конструкторський розділ

Оскільки наш пристрій контролю випробувань електронної апаратури складається з декількох блоків, опис функцій кожного з них дозволить нам краще визначити необхідні елементи. Зважаючи на складність пристрою, розбиття на блоки та опис їх функцій дозволить зрозуміти, як вони взаємодіють між собою та які завдання вони виконують. Також це допоможе вибрати ті блоки, які є необхідними для виконання конкретної задачі, що спростить розробку та зменшить час, потрібний для створення пристрою.

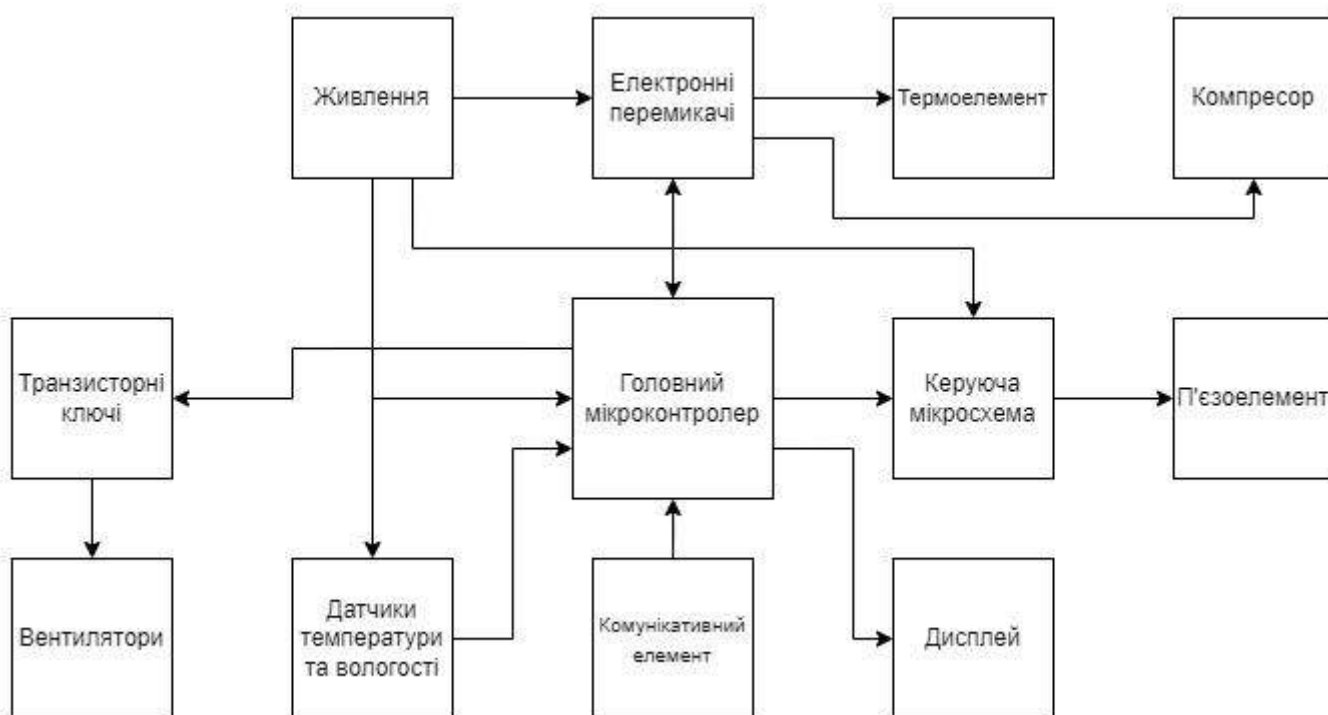


Рис.3. Структурна схема пристрою контролю випробувань електронної апаратури.

Для забезпечення живлення пристрою контролю випробувань електронної апаратури використовуються лінійні стабілізатори напруги, які розташовані після діодних мостів. Перший стабілізатор LM7812 відповідає за живлення вентиляторів, а другий стабілізатор

Мікроконтролер є наступним блоком, а також головним елементом, що керує всією системою. Він відповідає за прийом, обробку та передачу інформації на інші елементи пристрою, такі як транзисторні ключі або аналогові мікросхеми.

Програмний код, який записаний на мікроконтролері, є визначальним фактором для виконання різних тестів на випробуваному пристрої. Залежно від задачі, яку потрібно вирішити, програмний код може надсилати сигнали на різні елементи пристрою контролю випробувань електронної апаратури. Наприклад, для випробування певного елемента апаратури може бути використана аналогова мікросхема, а для іншого – транзисторний ключ. Від цього залежить ефективність і точність вимірювання показників випробування.

У проекті контролю випробувань електронної апаратури є окремий блок, який відповідає за керування та живлення п'єзоелемента. Його головна функція – зволоження камери та підтримання певного рівня вологості в ній.

Ще одним блоком є система керування обертами вентиляторів, яка включає в себе транзисторні ключі та інші компоненти, що забезпечують регулювання швидкості обертання вентиляторів відповідно до потреби.

І звісно окремо потрібно виділити вентилятори, які відповідають за циркуляцію повітря в камері. Ця функція є необхідною для забезпечення рівномірної температури та вологості в умовах експерименту.

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						10
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Доцільно зазначити, що у пристрої контролю випробувань електронної апаратури велику роль відіграють датчики вологості та температури, які дозволяють збирати важливу інформацію про стан внутрішнього середовища в камері. За допомогою цих датчиків можна контролювати рівень вологості та температури в камері та забезпечувати оптимальні умови для ефективного випробування електронної апаратури. Таким чином, датчики вологості та температури є невід'ємною частиною пристрою контролю випробувань електронної апаратури.

Додатковою компонентою, яку необхідно враховувати, є комунікативний елемент – енкодер. Це дає можливість користувачу взаємодіяти з відображеною на дисплеї інформацією та регулювати різноманітні параметри пристрою. Енкодер забезпечує зручний та швидкий доступ до всіх функцій пристрою, забезпечуючи максимальний комфорт користування.

Також є блок, який містить електронні перемикачі на основі семисторної зв'язки, які відповідають за керування нагрівальним елементом і компресором, що забезпечують можливість нагріву і охолодження в камері відповідно. Цей блок важливий для регулювання температури в камері.

Безумовно важливим блоком є компресор та термоелемент (а саме тени), які відповідають за надання оптимальної температури в камері та підтримання її на необхідному рівні.

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						11
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3. Синтез та аналіз принципової схеми

Враховуючи всі ці блоки, які були вказані раніше ми можемо виділити приблизну принципову схему.

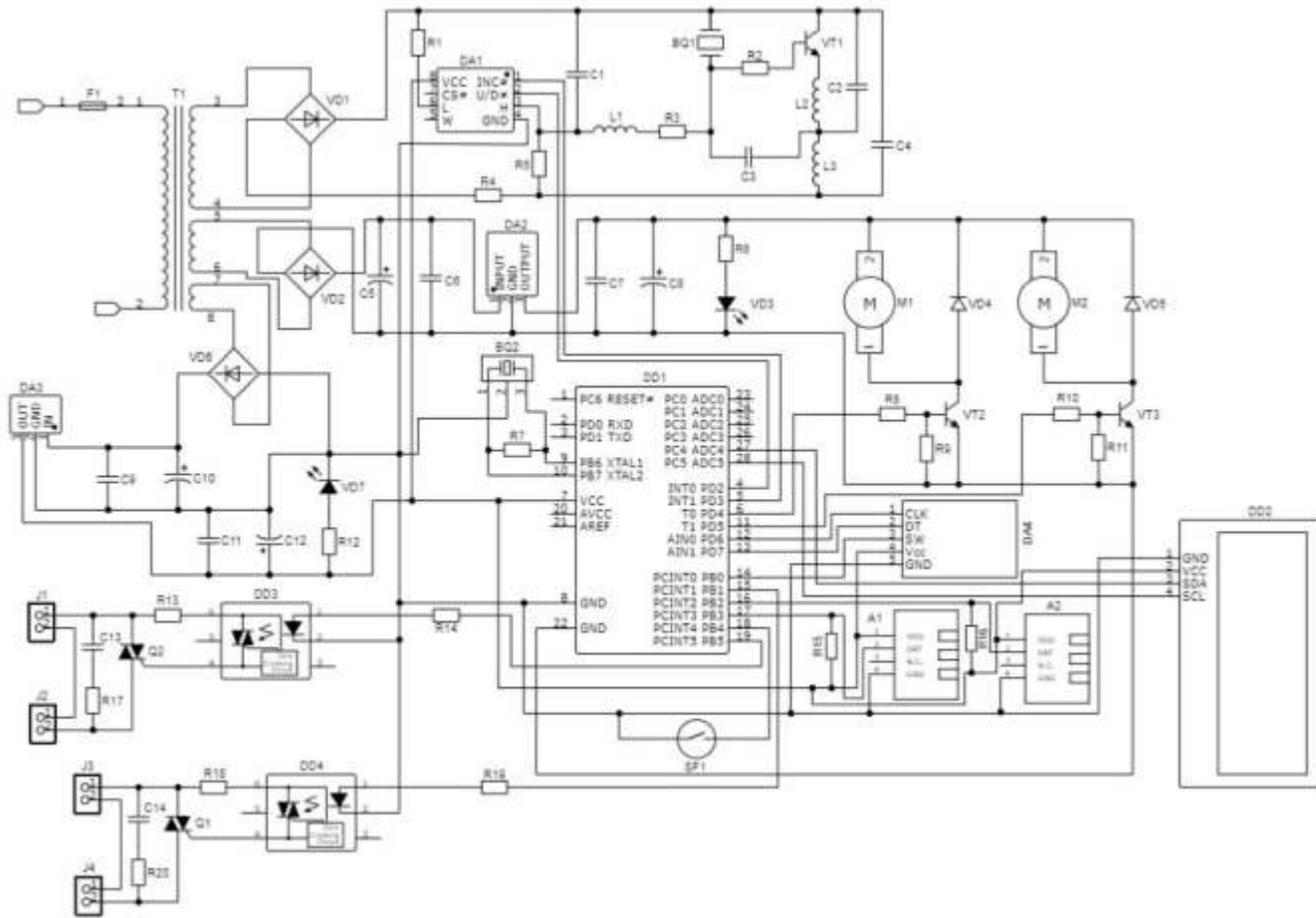


Рис.4. Принципова схема пристрою контролю випробувань електронної апаратури.

4.Вибір елементів принципової схеми

Після створення принципової схеми, необхідно відібрати відповідні елементи, які будуть використовуватись для функціонування пристрою контролю випробувань електронної апаратури.

Етап відбору елементів для принципової схеми є важливим етапом проектування пристрою контролю випробувань електронної апаратури. На цьому етапі відбувається вибір необхідних компонентів, які виконують функції пристрою відповідно до його принципової схеми. Також може бути важливим врахування функціональних вимог до пристрою, наприклад, швидкості реакції, точності вимірювання тощо.

На цьому етапі важливо враховувати такі фактори, як технічні характеристики компонентів. При підборі елементів необхідно дотримуватись принципу оптимальності, тобто обирати елементи, які найкраще відповідають потребам принципової схеми.

У процесі підбору елементів важливо також враховувати сумісність між ними та можливість їхнього взаємодії. Крім того, необхідно враховувати вимоги до точності та швидкодії пристрою, щоб забезпечити його ефективну роботу.

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						13
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

4.1. Розрахунок компонентів трансформатора для трансформації напруги

Першим елементом, який буде включений до принципової схеми, буде трансформатор ,а саме тороїдального типу.

Тороїдальні трансформатори мають кілька переваг порівняно з трансформаторами на стрижневих і броньових сердечниках зі ш-подібних пластин. Тороїди мають менші розміри, меншу вагу і при цьому значно вищу КПД.

Для проведення розрахунків трансформатора ми скористаємося спрощеною таблицею, яка допоможе визначити необхідні параметри.

Табл.3.Спрощенна таблиця для розрахунків [3]

P_r (Вт)	ω_1	ω_2	S (см ²)	Δ (А/мм ²)	η (%)
До 10	41/S	38	$\sqrt{P_r}$	4.5	0.8
10-30	36/S	32	$\sqrt{P_r}/1, 1$	4.0	0.9
30-50	33.3/S	29	$\sqrt{P_r}/1, 2$	3.5	0.92
50-120	32/S	28	$\sqrt{P_r}/1, 3$	3.0	0.95

Цю таблицю використовують для розрахунку трансформаторів з частотою мережі 50 Гц, які мають сердечники з холоднокатаної сталі марок Э310, Э320, Э330 товщиною стрічки 0,35-0,5 мм.

Загальна потужність яка має бути в нашого трансформатору , дорівнює :

Оскільки нам потрібно знати потужність споживання для розрахунку, ми скористаємося приблизною величиною, яка відповідає нашим потребам.

Для пристроїв, які працюють з напругою 5 вольт, таких як головний мікроконтролер, який в піковому навантаженні може споживати приблизно 200мА, LCD дисплей, який також в піковому навантаженні може споживати близько 200мА, і інші елементи, що споживають до 100мА, будемо враховувати ці значення для розрахунків.

Але замість використання напруги 5 вольт, ми будемо використовувати напругу 8 вольт, яка буде отримана з понижувального стабілізатора. Для цієї напруги нам потрібно буде розрахувати відповідний струм. Отже, якщо ми маємо 0,5 А при 5 В, то це еквівалентно $8 \text{ В} \cdot 0,3 \text{ А}$.

Аналогічна ситуація виникає з вентиляторами, де стабілізатор знижує напругу з 15 В до 12 В, а споживачами є вентилятори, які можуть споживати до 0,5 А. Тож струм виходить $(12\text{В} \cdot 0,5\text{А}) / 15\text{А} = 0,4\text{А}$.

Для керуючої схеми управління ультразвуковим п'єзоелементом, вказано на сайті виробника, використовується напруга 24 В та струм 0,5 А.

Таким чином, розрахунок буде виконуватися з урахуванням цих значень, наступним чином.

$$P = 24V \cdot 0.5A + 15V \cdot 0.4A + 8V \cdot 0.3A = 20.4\text{Вт} \quad (1).$$

Враховуючи реальні втрати на нагрів і тд.

$$P_r(\text{Вт}) = P \div \eta(\%) = 20.4\text{Вт} \div 0.9 = 22.7\text{Вт} \quad (2).$$

Розраховуємо площу перерізу сердечника

$$S = \frac{\sqrt{P_r}}{1,1} = \frac{\sqrt{22.7}}{1.1} = 4.33 \text{ см}^2 \quad (3).$$

$$\text{Підбираємо розміри сердечника } \frac{D_c - d_c}{2} \cdot h_c \quad (4).$$

Найближчий стандартний тип осердя – ОЛ40/64/40

Де магнітопровід ОЛ, також відомий як кільцевий магнітопровід типу ОЛ або анулярний магнітний тип ОЛ і виступає в ролі осердя для силового малопотужного однофазного трансформатору.

$$\text{ОЛ40/64/40, де } 40 \text{ мм} - d_c, 64 \text{ мм} - D_c, 40 \text{ мм} - h_c$$

І підставивши це в формулу(4) то площа перерізу дорівнює $4,8 \text{ см}^2$, вона не має бути меншою ніж площа яку ми вираховували в формулі (3).

При визначенні внутрішнього діаметра осердя має бути виконана умова:

$$d_c' \leq d_c$$

$$d_c' = \sqrt{2,4 \cdot S} = \sqrt{10.392} \approx 3.22 \text{ см} \quad (5).$$

$$3.22 \text{ см} < 4 \text{ см}$$

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						15
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Повертаючись до спрощеної таблиці, яка дозволяє визначити кількість витків на вольт, ми отримаємо інформацію.

$$\omega_1 = \frac{36}{S} = \frac{36}{4.8} = 7.5 \text{ витків на вольт (6).}$$

Знаходимо розрахункові числа витків первинної та вторинної обмоток

$$W_1 = \omega_1 \cdot U_1 = 7.5 \cdot 220V = 1650 \text{ витків}$$

$$W_2 = \omega_1 \cdot U_2 = 7.5 \cdot 24V = 180 \text{ витків}$$

$$W_3 = \omega_1 \cdot U_3 = 7.5 \cdot 15V = 112 \text{ витків}$$

$$W_4 = \omega_1 \cdot U_4 = 7.5 \cdot 8V = 60 \text{ витків}$$

Дізнаємось струм первинної обмотки, який знаходимо з формули:

$$I_1 = 1,1 \cdot \frac{P_r}{U_1} \quad (7)$$

$$I_1 = 1,1 \cdot \frac{22,7}{220} = 0,1135 \text{ A}$$

Визначаємо діаметри дротів для обмоток

$$d_1 = 1.13 \sqrt{\frac{I_1}{\Delta}} \text{ , діаметр первинної обмотки (8).}$$

Δ – Допустима щільність струму в обмотках

і звідси дізнаємось d_1 :

$$d_1 = 1.13 \sqrt{\frac{0,1135}{4}} \approx 0,191 \text{ мм , або } 0,2 \text{ мм}$$

Залишилось тільки визначити діаметри вторинних обмоток , використавши формулу (7) підставивши замість I_1 , I_H – струм навантаження:

$$d_2 = 1,13 \sqrt{\frac{0,5}{4}} \approx 0,4 \text{ мм , де } I_H = 0,5A$$

$$d_3 = 1,13 \sqrt{\frac{0,4}{4}} \approx 0,36 \text{ мм , де } I_H = 0,4A$$

$$d_4 = 1,13 \sqrt{\frac{0,3}{4}} \approx 0,31 \text{ мм , де } I_H = 0,3A$$

4.2. Розрахунок стабілізаторів напруги

Враховуючи важливість стабільної напруги для головної мікросхеми, датчиків, енкодера і екрану, необхідно звернути увагу на вибір стабілізатора. Він повинен бути максимально стабільним, щоб забезпечити стабільну напругу на рівні 5 вольт для всіх цих пристроїв.

Табл.4. Частина з даташиту до LM7805 [4]

Характеристика при вхідній напрузі 10 В і споживанні 0,5А	Символ	Значення		Одиниці
		мінімальне	максимальне	
Вихідна напруга	V_0	4.8	5.2	Вольт
Струм короткого замикання	I_{SC}	750		мА
Піковий струм	I_{PK}	2.2		Ампер
Характеристика	Символ	Значення		Одиниці
Максимальна вхідна напруга	V_{IN}	35		Вольт

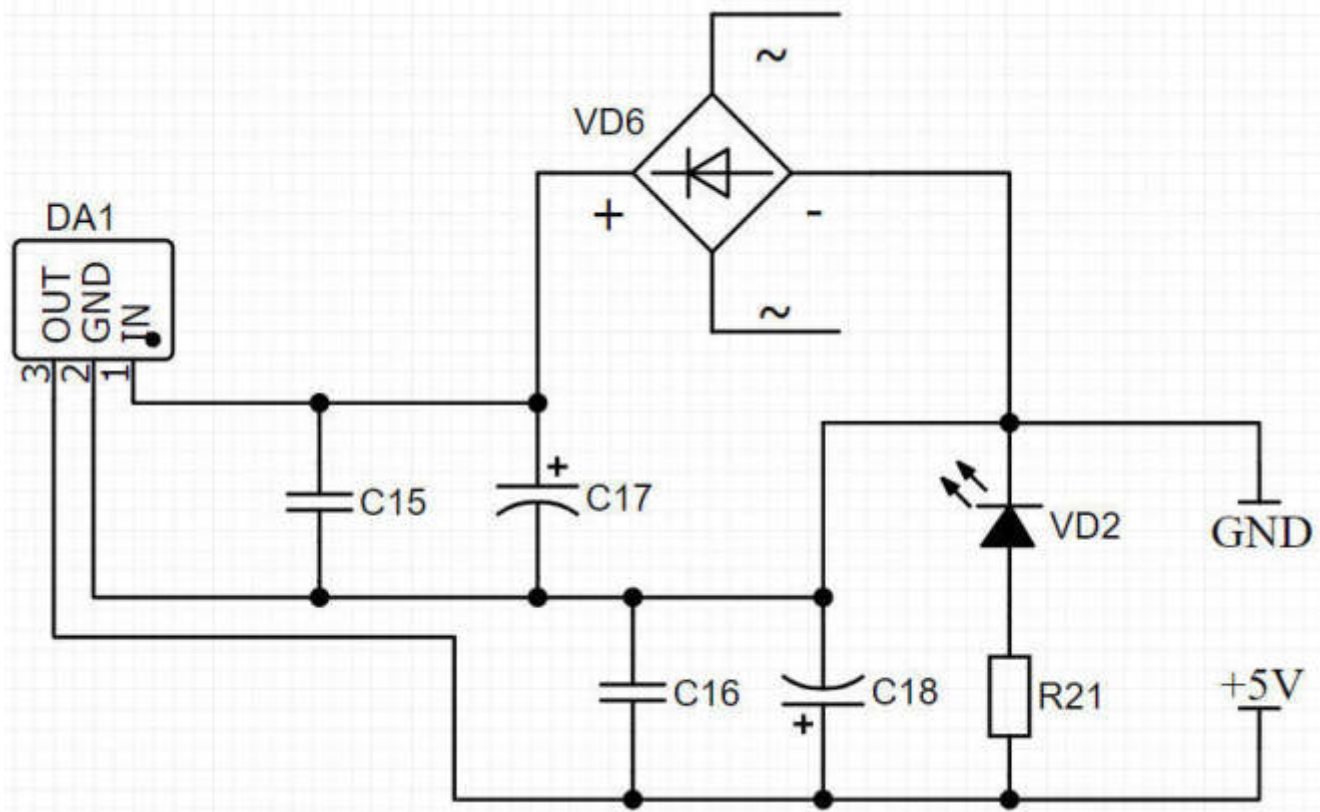


Рис.5. Принципова схема для LM7805

Якщо розглядати частину принципової схеми (Мал.4.), яка стосується живлення головної мікросхеми, датчиків, дисплею та інкодерів, то можна помітити. Окрім самого стабілізатора напруги LM7805, в принциповій схемі є інші елементи, такі як C9...C12, VD6 і VD7. Керамічні конденсатори C9 і C11 відфільтровують високочастотні імпульси, тоді як електролітичні конденсатори C10 і C12 – низькочастотні імпульси. VD6 є діодним мостом, що перетворює змінний струм на постійний, а VD7 є світлодіодом, що вказує на роботу схеми.

Давайте звернемося спочатку до стабілізатора напруги і розглянемо Мал.3. Звернемо увагу на Output Voltage і побачимо, що в даташиті діапазон становить від 4,75 до 5,25 вольт, навіть якщо температура дорівнює 120 градусів за Цельсієм. Далі, розглянемо Peak Output Current, (це піковий струм який витримує мікросхема) який становить 2,2А, що повністю задовольняє потреби живлення інших елементів в пікових станах, для яких він забезпечує стабілізацію.

При розрахунку обмоток трансформатора враховується, що всі елементи, які працюють при напрузі 5 В, мають піковий струм до 0,5 А, як вказано в їх специфікаціях.

Навіть за умови, що враховуємо можливі втрати та зниження ефективності, які можуть відбуватись при нагріві, передбачуване значення струму все одно буде достатнім, щоб забезпечити стабільну роботу всіх навантажувальних елементів.

Крім того, слід зазначити, що завдяки наявності конденсаторів після стабілізатора, напруга буде додатково згладжуватись, що зменшить діапазон напруги, який виходитиме з схеми і забезпечить більшу стабільність.

Ми переходимо до наступного елементу, а саме діодного моста, і звертаємо увагу на параметр максимальна середня напруга навантаження (Maximum RMS Input Voltage Load, V_{RMS}) яких вказаний на Мал.5., де зазначено 40 вольт. Це значення перевищує напругу, що виходить з вторинної обмотки в чотири рази, чого цілком вистачить. Також варто звернути увагу на параметр максимальний середній струм (Maximum Average Forward Current For Load, $I_{F(AV)}$), де зазначено 1,5 А, що більше, ніж будуть споживати всі елементи навантаження.

Табл.5. Даташит діодного моста для B40-C1500R [5]

Характеристика	Символ	Значення	Одиниці
Максимальна повторювана пікова зворотна напруга	V_{RPR}	100	Вольти
Максимальна середня напруга навантаження	V_{RMS}	40	Вольти
Максимальна напруга постійного струму, що блокується	V_{DC}	100	Вольти
Максимальний середній струм	$I_{F(AV)}$	1,5	Ампер
Діапазон робочої температури	T_J	-50 to +125	°C

Останнім компонентом є VD7, який призначений виключно для індикації роботи схеми.

Також, серед стабілізаторів напруги, які використовуються в принциповій схемі, можна виділити той, який забезпечує живлення вентиляторів з напругою 12 вольт.

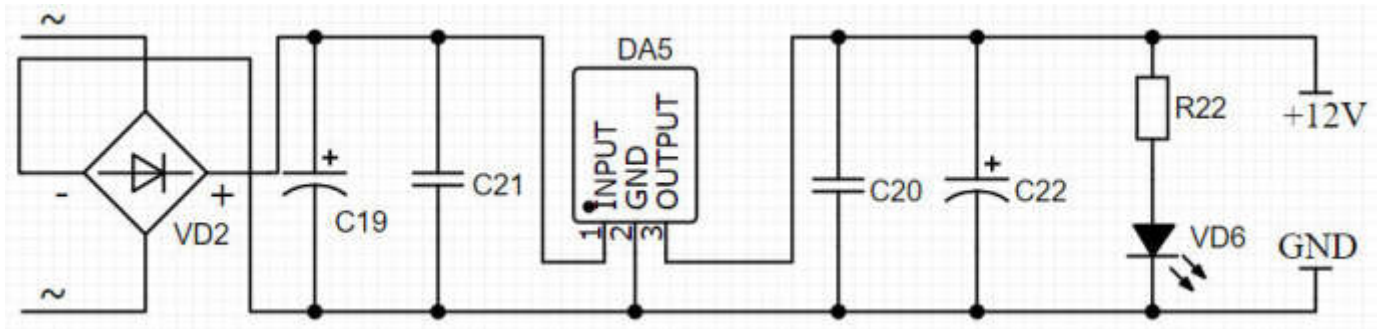


Рис.6. Принципова схема для LM7812

Практично така сама схема, як на Мал.5, використовується для живлення вентиляторів з напругою 12 вольт. В цих елементів живлення використовується такий самий струм, що й у попередній схемі, який становить 0,5А.

Єдине відмінність полягає у використанні іншого стабілізатора напруги LM7812 та іншого світлодіода.

Таб.6.Частина з даташиту LM7812 [6]

Характеристика при вхідній напрузі 10 В і споживанні 0,5А	Символ	Значення		Одиниці
		мінімальне	максимальне	
Вихідна напруга	V_0	11.5	12.5	Вольт
Струм короткого замикання	I_{SC}	230		мА
Піковий струм	I_{PK}	2.2		Ампер
Характеристика	Символ	Значення		Одиниці
Максимальна вхідна напруга	V_{IN}	35		Вольт

Також варто зазначити, що в даташитах наведена напруга, яка подається на стабілізатори, трохи відрізняється від нашої. Однак, через те, що різниця між вхідною і вихідною напругами, яку стабілізатори регулюють, є ще меншою, ніж зазначено в даташиті, можна стверджувати, що дані в даташитах є актуальними. Це пояснюється тим, що менше енергії витрачається на процес перетворення напруги.

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						21
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

4.3. Розрахунок транзисторних ключів

В якості транзисторного ключа в нашій принциповій схемі, використовується транзистор 2N3904.

Табл.7. Частина з даташиту для 2N3904 [7]

Характеристика	Символ	Значення	Одиниці
Напруга на колектор-емітерному переході	V_{CEO}	40	Вольт
Напруга на база-колекторному переході	V_{CBO}	60	Вольт
Напруга на база-емітерному переході	V_{EBO}	6	Вольт
Колекторний струм-постійний	I_C	200	мА
Загальна потужність транзистора	P_D	625	мВт
Діапазон робочої температури	T_J	-55, +150	°C

Його завдання полягає в регулюванні обертів, тобто він контролює кількість енергії, що подається на вентилятор, забезпечуючи його оптимальну роботу.

Цей транзистор був вибраний не випадково, перед його використанням проводились декілька розрахунків, щоб забезпечити його оптимальне функціонування в даній схемі.

Оскільки ми знаємо, що вентилятор працює за напругою 12 вольт та має струм споживання 0,18 А, то транзистор мусить відповідати таким критеріям:

1) Рекомендується, щоб напруга між колектором та емітером транзистора U_{ce0} була більшою за 12 вольт.

$$U_{ce0} = 40V > U_{ce1}, \text{ де } U_{ce1} = 12V \text{ (9).}$$

2) Необхідно забезпечити, щоб струм, що протікає через колектор I_c , перевищував значення 0,18А

$$I_c = 0.2A > I_{c1}, \text{ де } I_{c1} = 0,18A \text{ (10).}$$

3) Залишилось розрахувати потужність розсіювання для цього потрібно:

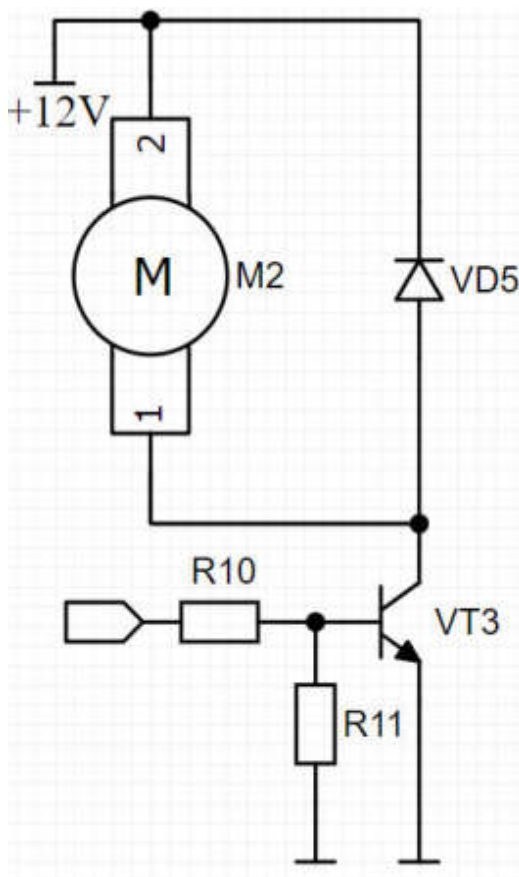
- Розрахувати базовий струм

$$I_b = I_{c1}/h_{fe} = 0.18/40 = 0.0045A \text{ (11).}$$

- Потужність яку він розсіює розраховується за такою формулою

$$P = I_b * U_{ce1} = 0.0045 * 12 = 0.054 \text{ Вт (12).}$$

- Зрівняти потужності



$$P_D > P, P_D = 0.625 \text{ Вт}$$

Всі ці значення були порівняні зі значеннями, зазначеними в даташиті.

Не слід забувати про R10 який обмежує струм, його слід також розрахувати для цього:

$$R_b = R_{10} = \frac{U_b - U_{be}}{I_b} = \frac{4 - 0.6}{0.0045} \approx 755 \text{ Ом (13).}$$

U_{be} – падіння на база емітерному переході

Також слід знати опір R11 захищає від зворотнього струму:

$$R_{11} = \frac{U_{ce1} - U_{be}}{I_b} = \frac{12 - 0.6}{0.0045} \approx 2.5 \text{ кОм (14).}$$

Рис.7.Транзисторний ключ

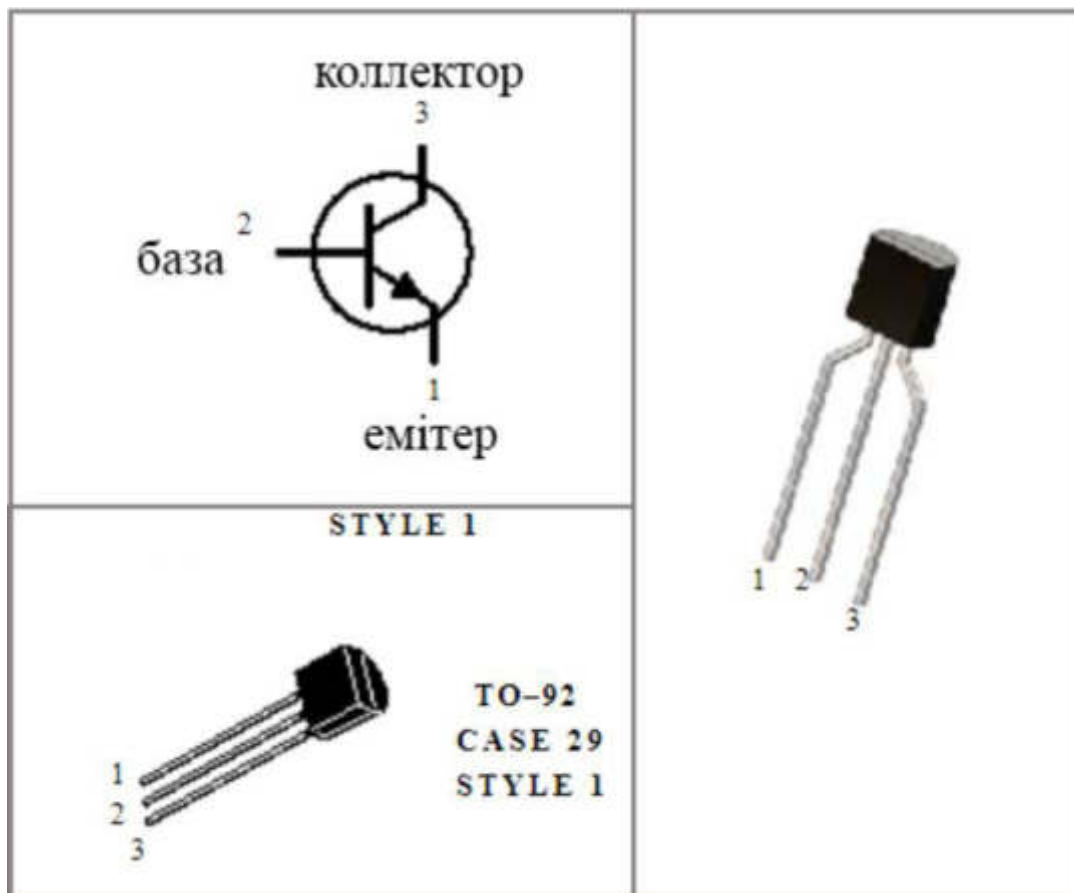


Рис.8.Розпіновка транзистора [7]

Після ретельних розрахунків та аналізу, ми прийняли рішення вибрати цей біполярний NPN транзистор, оскільки він ідеально відповідає нашим вимогам щодо управління вентиляторами з урахуванням їх споживання. Ми звернули особливу увагу на технічні характеристики транзистора, такі як його максимальний струм колектора та коефіцієнт посилення струму, що гарантує надійне та ефективне функціонування системи. Використання цього транзистора дозволить нам здійснювати точне управління швидкістю та інтенсивністю роботи вентиляторів, забезпечуючи при цьому оптимальне використання електроенергії та зменшення енергетичних витрат. Загалом, обрання цього транзистора є оптимальним рішенням для підтримки функціонування нашої системи .

4.4. Розрахунок електронних перемикачів

Розглядаючи те, що наші нагрівальні елементи, а саме вони виконують роль нагрівального елемента, а також те, що компресор живиться від змінного струму мережі 220 вольт, можна зробити наступний висновок.

Залишається обрати між реле та семистором, але в зв'язку з частою переключення звичайне реле відпадає як варіант, а твердотільне реле складне та складається з багатьох елементів, що робить його неоптимальним варіантом. Отже, найбільш підходящим варіантом є використання семистора.

Оскільки семистором можна керувати тільки сигналом від головного мікроконтролера, але схема працює з змінним струмом, необхідно захистити мікроконтролер від можливих імпульсів та використовувати гальванічну розв'язку, щоб позбавитися цього ризику який може вивести його з ладу. Для цього можна використати оптрон.

Можливо найкращим варіантом для цього буде використання МОС3061-М, оскільки вона має функцію детектування нуля, що дозволить автоматично включати та вимикати навантаження тільки в моменти, коли напруга в мережі проходить через 0. Це допоможе зменшити рівень шумів в мережі. Якщо взяти даташит на МОС3061-М, то там є схема для контролю семистора.

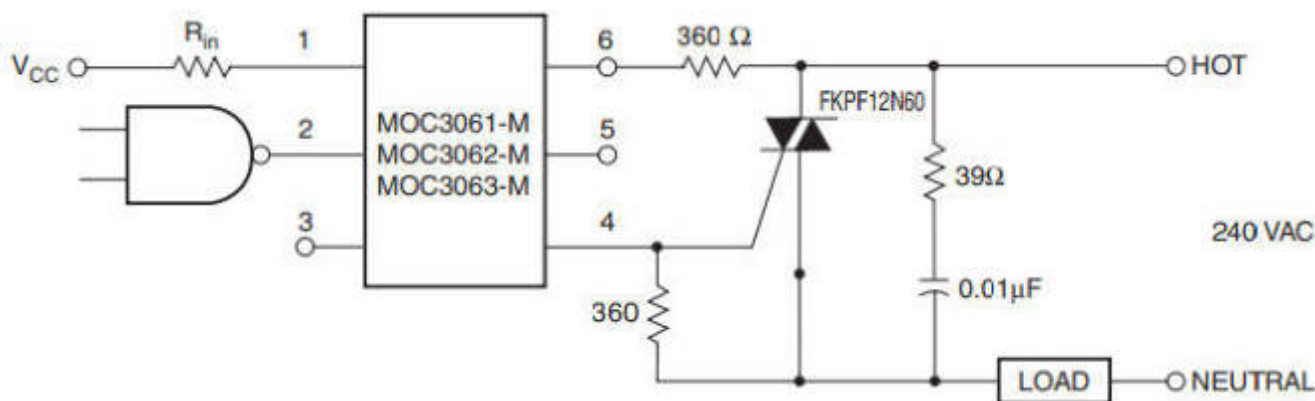


Рис.9. Принципова схема, для керування семистором [8]

Якщо розглянути цю схему, то можна побачити, що в ній застосовується снаберний ланцюг, який в окремі моменти заглушує високі пульсації напруги і захищає семистор.

Однак, на сьогоднішній день існують більш сучасні семистори, тому ми виберемо їх. Один з таких – це ВТА08-600В. В його даташиті зазначено «Snubberless» версії (ВТА / ВТВ ... W), що означає, що для нього не потрібен снаберний ланцюг.

Таб.8. Частина даташиту для ВТА08-600В [9]

Характеристика	Символ	Значення	Одиниці
Повторювані пікові напруги вимкнення	V_{DRM}	600	Вольт
Пікові зворотні напруги вимкнення	V_{RRM}	600	Вольт
Середнє значення струму у стані включення	I_T	8	Ампер
Діапазон робочої температури	T_J	110	°C

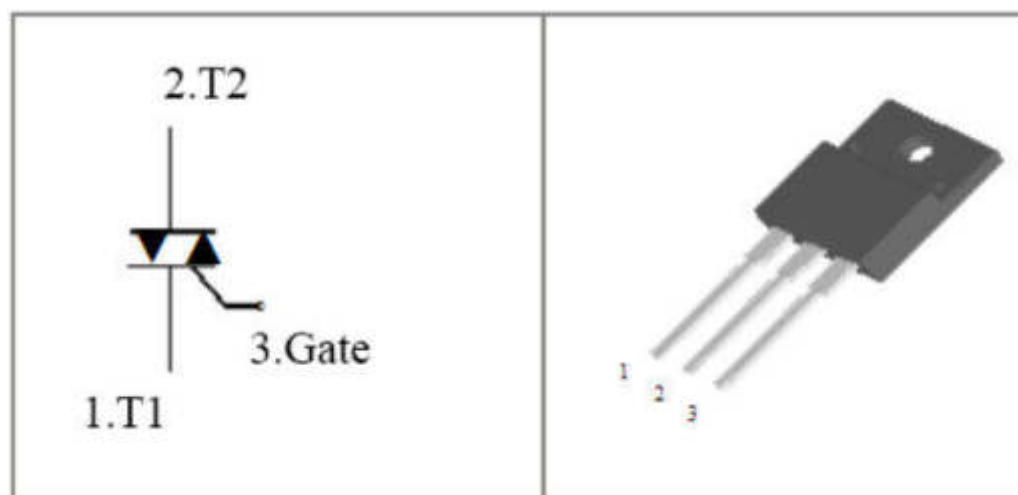


Рис.10. Розпіновка ВТА08-600В [9]

Якщо розглянути Рис.8. з урахуванням того, що в нашій схемі вже не потрібен снаберний ланцюг, то її можна переробити наступним чином.

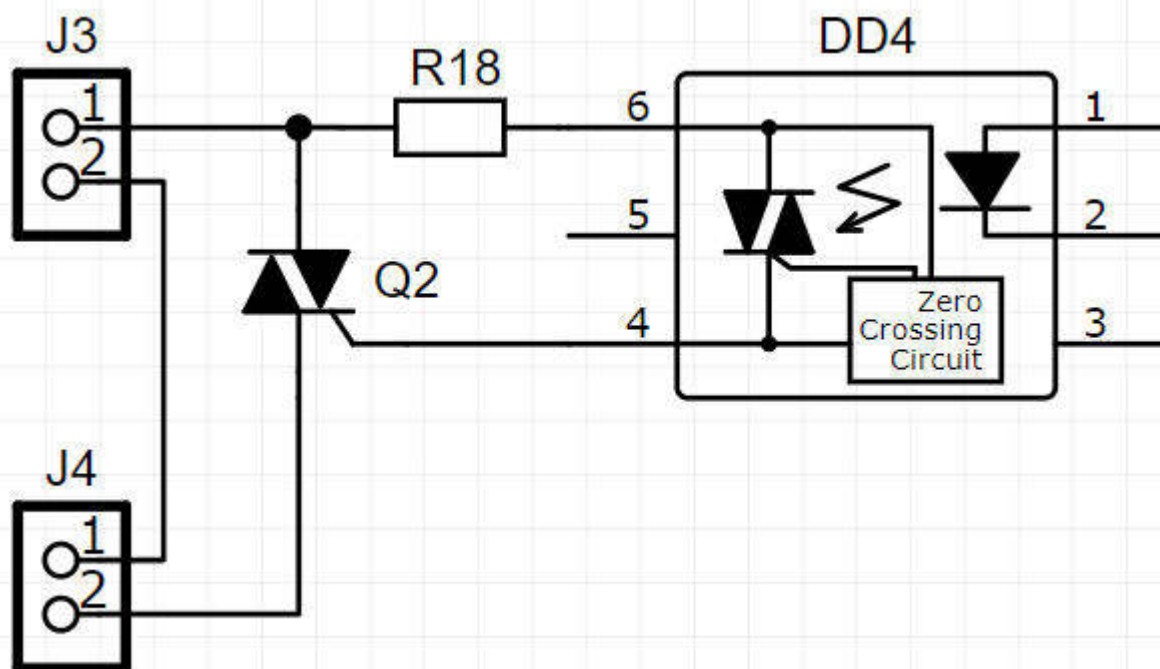


Рис.11.Принципова схема для VTA08-600B

Отже, ми спростили цю схему та зменшили кількість її елементів. Також варто зазначити, що ми вибрали VTA08-600B з урахуванням його здатності керувати потужністю близько 4800 ват, що є достатньою для управління нагрівальними елементами або компресором.

Ось такі елементи будуть складати навантаження:

- ТЕН 150 С13/1,5-S-220 – Нагрівальний елемент потужність якого 1,5кВт
- GS 26 CLX SECOP - Холодильний компресор потужність якого 1,3кВт

Тобто нашого семистора вистачає для роботи кожного з елементів навантаження

4.5. Розрахунок керуючої схеми для ультразвукового п'єзоелементу

Ультразвуковий п'єзоелемент є важливою складовою приладу для контролю випробувань електронної апаратури, оскільки дозволяє створювати вологість через утворення туману з певного об'єму води.

На ринку доступний широкий асортимент моделей п'єзоелементів, зокрема виробником PZT, який пропонує різні типи та розміри. Це дозволяє задовольнити різні потреби та вимоги користувачів. Незалежно від розміру, форми, робочої частоти та характеристик, можна знайти оптимальний п'єзоелемент для конкретного застосування завдяки широкому вибору продукції цього виробника.

Ось таблиця його з його продукцією:

Табл.9.Список елементів від виробника PZT [10]

Серійний номер	Розмір (мм)	Резонансна частота (кГц)	Вхідна напруга (В)	Гармонійний опір (Ом)	Об'єм розпилення (мл/год)	Коефіцієнт зв'язку (Кт)	Ємність (пФ)
PZT-16-1.7BU	Φ16*1.2	1700±50	AC24~48	≤2	≤150	≥0.45	900~1300
PZT-16-2.4BU	Φ16*1.0	2400±50	AC24~48	≤2	≤150	≥0.45	900~1300
PZT-16-3.0BU	Φ16*0.95	3000±50	AC24~48	≤2	≤150	≥0.45	900~1300
PZT-16-5.0BU	Φ16*0.75	5000±50	AC24~48	≤2	≤150	≥0.45	900~1300
PZT-20-1.7BU	Φ20*1.2	1700±50	AC24~48	≤2	≤300	≥0.45	1200~1800
PZT-20-2.4BU	Φ20*1.0	2400±50	AC24~48	≤2	≤300	≥0.45	1200~1800
PZT-20-3.0BU	Φ20*0.95	3000±50	AC24~48	≤2	≤300	≥0.45	1200~1800
PZT-20-5.0BU	Φ20*0.75	5000±50	AC24~48	≤2	≤300	≥0.45	1200~1800
PZT-25-1.7BU	Φ25*1.2	1700±50	AC24~48	≤2	≤350	≥0.45	1300~2100
PZT-25-2.4BU	Φ25*1.0	2400±50	AC24~48	≤2	≤350	≥0.45	1300~2100
PZT-25-3.0BU	Φ25*0.95	3000±50	AC24~48	≤2	≤350	≥0.45	1300~2100
PZT-30-1.7BU	Φ30*1.2	1700±50	AC24~48	≤2	≤400	≥0.45	1500~2300
PZT-30-2.4BU	Φ30*1.0	2400±50	AC24~48	≤2	≤400	≥0.45	1500~2300

КБР ЕС 19050039.001 ПЗ

Арк.

28

Вим. Арк. №докум. Підпис Дата

Модель PZT-25-2.4BU можна вважати однією з потужніших серед ультразвукових п'єзоелементів, які доступні зі списку. Її характеристики вказують на можливість генерації до 350 мл водяного туману на годину, що робить її привабливим варіантом для використання в системах з контролем вологості.

На веб-сайті виробника ультразвукових п'єзоелементів можна помітити схему, яка використовується разом із ним. Основна мета цієї схеми полягає в тому, щоб задати потрібну робочу частоту для самого п'єзоелементу.

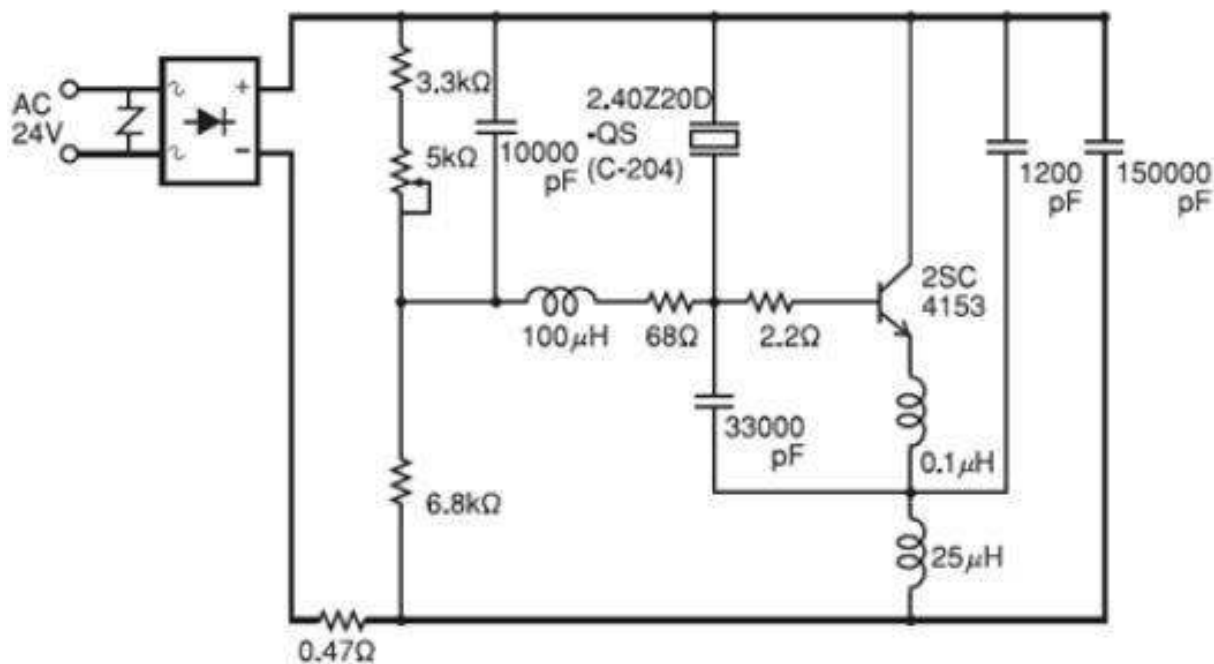


Рис.12. Принципова схема для ультразвукового п'єзоелементу [10]

Загалом, ми будемо використовувати цю схему, але замінимо один компонент – підстроювальний резистор на цифровий. Це дозволить нам контролювати потужність ультразвукового п'єзоелементу за допомогою головної мікросхеми.

Якщо ознайомитися з характеристиками потенціометра, то можна зрозуміти, що він працює в діапазоні 5кОм. Найбільш підходящим цифровим потенціометром для роботи в цьому діапазоні є DS1804-010+, який має діапазон 10кОм.

Отже, таким чином, вигляд схеми буде змінений наступним чином.

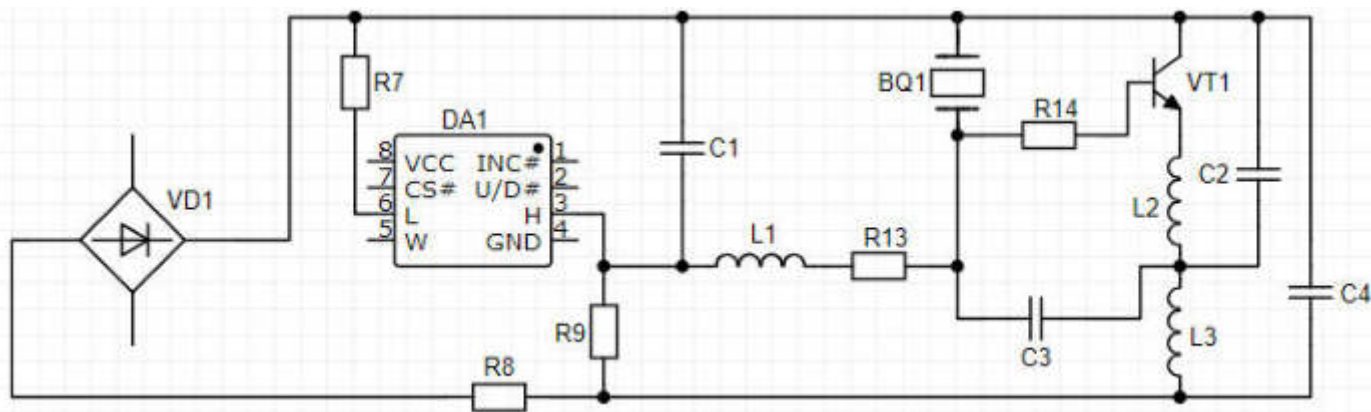


Рис.13.Удосконалена принципова схема для PZT-25-2.4BU

Цю схему можна розділити на дві частини. Ліва частина знаходиться перед цифровим потенціометром DA1, який керує напругою на елементі перед цифровим потенціометром, який керує напругою на елементі являючи собою дільником напруги. Права частина містить кілька котушок індуктивності та конденсаторів, які загалом задають необхідну частоту.

Важливо зазначити, що мікроконтролер та потенціометр взаємодіють за допомогою контактів INC# та U/D#.

INC# - це вхідний сигнал, який приймає імпульси з мікроконтролера. Кожен такий імпульс збільшує поточне значення потенціометра на один крок. Це дає можливість збільшувати значення опору потенціометра за допомогою мікроконтролера.

U/D# - це вхідний сигнал, який вказує напрямок зміни значення потенціометра. Коли U/D# має значення "1", потенціометр збільшує своє значення, коли "0" - зменшує.

4.6. Підбір головного мікроконтролера

АТmega328P-PU є головним мікроконтролером із розширеною функціональністю, що входить до сімейства AVR контролерів від компанії Microchip. Цей мікроконтролер має 28 ніг для зовнішніх пристроїв, включаючи 23 введення / виведення, інтерфейси SPI, I2C, UART і підтримує 8- і 16-розрядні зразки даних.

АТmega328P-PU може працювати з тактовою частотою до 20 МГц і з напругою живлення від 1,8 до 5 В, що робить його відповідним для різноманітних застосувань. У мікроконтролера також є вбудована пам'ять програми Flash об'ємом 32 кБ, пам'ять SRAM 2 кБ та EEPROM 1 кБ, що забезпечує достатній обсяг місця для зберігання програмного коду та даних. АТmega328P-PU є популярним серед розробників електронних пристроїв мікроконтролером.

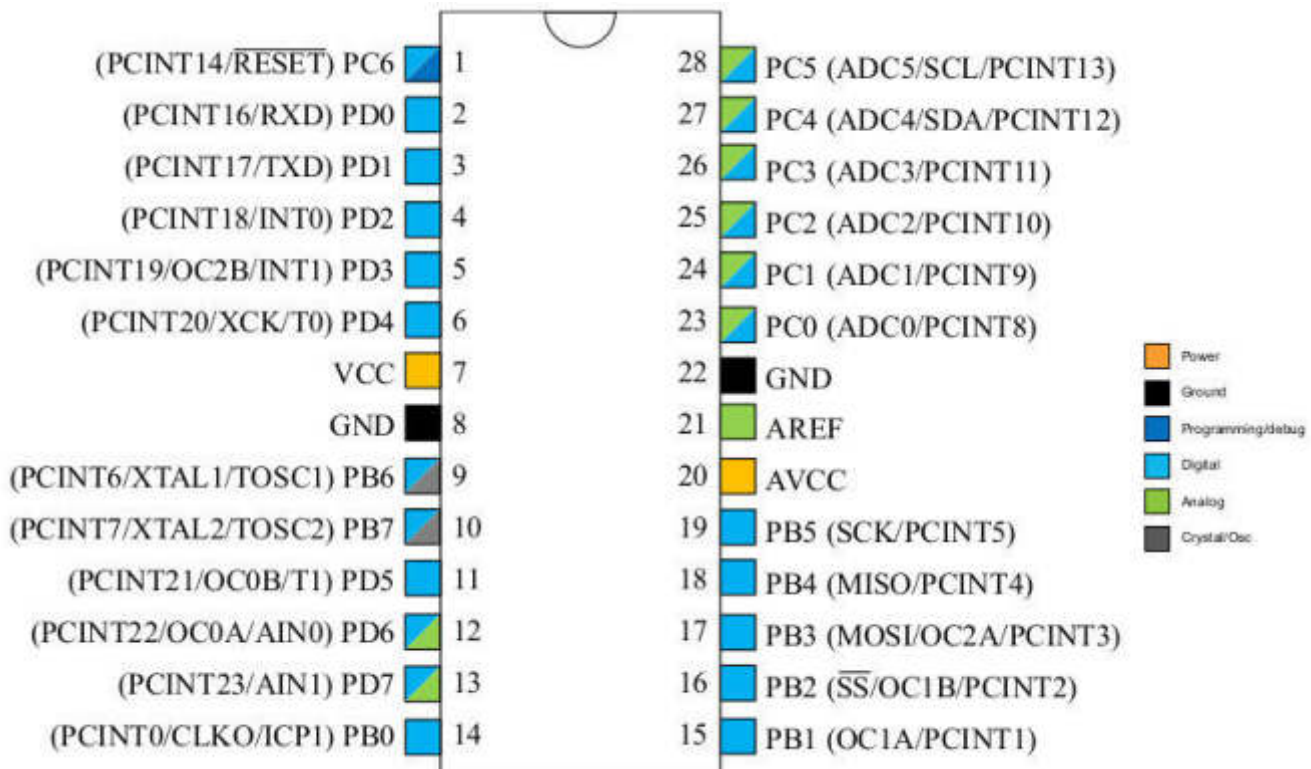


Рис.14.Схема виводів мікроконтролера АТmega328P-PU

Завдяки можливості програмування через піни RX та TX, ATmega328P-PU надає широкі можливості для керування різноманітними компонентами.

Переглянувши принципову схему (Мал.2), можна помітити, що майже всі аналогові та цифрові піни використовуються в процесі роботи. Це свідчить про те, що мікроконтролер добре підходить цій схемі і ефективно включений в роботу.

Важливо відзначити, що на схемі присутній окремий кварцовий генератор, який забезпечує точну тактову частоту для мікроконтролера. Іншими словами, мікроконтролер синхронізується з генератором.

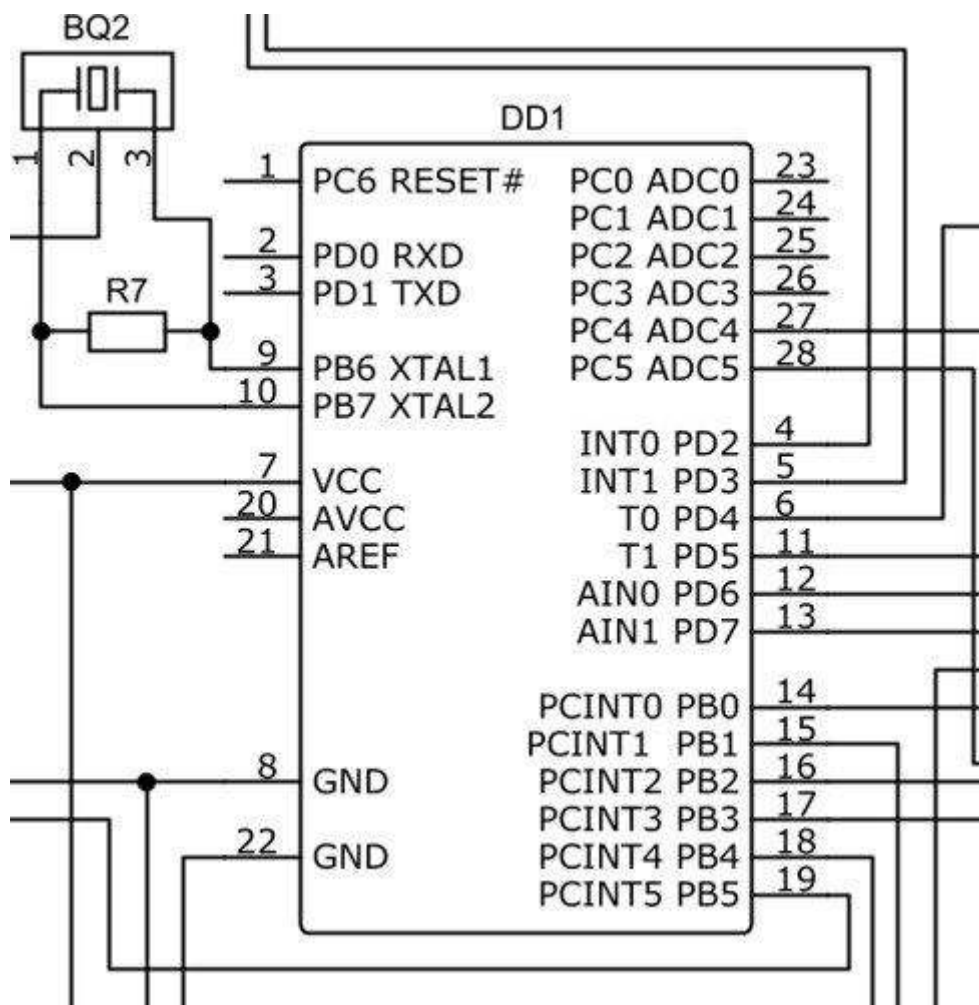


Рис.15. Частина принципової схеми для мікроконтролера ATmega328P-PU

При детальному описі схеми підключення до мікроконтролера можна зазначити наступне:

- пін VCC (7) та GND (8) використовуються для підключення живлення +5V та землі відповідно
 - пін GND (22) є земельним виходом для напруги 12V
 - ACDC4 (27) та ACDC5 (28) - аналогові виходи на LCD дисплей
 - PD2 (4) та PD3 (5) - цифрові виходи на потенціометр
 - від PD6 (12) до PB0 (14) використовуються цифрові виходи на інкодер
 - пін 18 є цифровим виходом для отримання інформації про стан геркона.
 - піни 16 та 17 - як цифрові входи для отримання інформації від датчиків
 - PD4 (6) та PD5 (11) - цифрові виходи на транзисторні ключі
- В даній системі буде використовуватись широтно-імпульсна модуляція (ШІМ) на її виходах. ШІМ є методом регулювання сигналу, який заснований на зміні ширини імпульсів. Це дозволяє точно контролювати потужність або інші параметри вихідного сигналу. Цей метод забезпечує ефективне управління сигналом, забезпечуючи точність, стабільність та високу якість регульованого вихідного сигналу. ШІМ дозволяє досягти високої ефективності в роботі системи, мінімізувати енерговтрати та забезпечити оптимальну роботу обладнання.

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						33
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

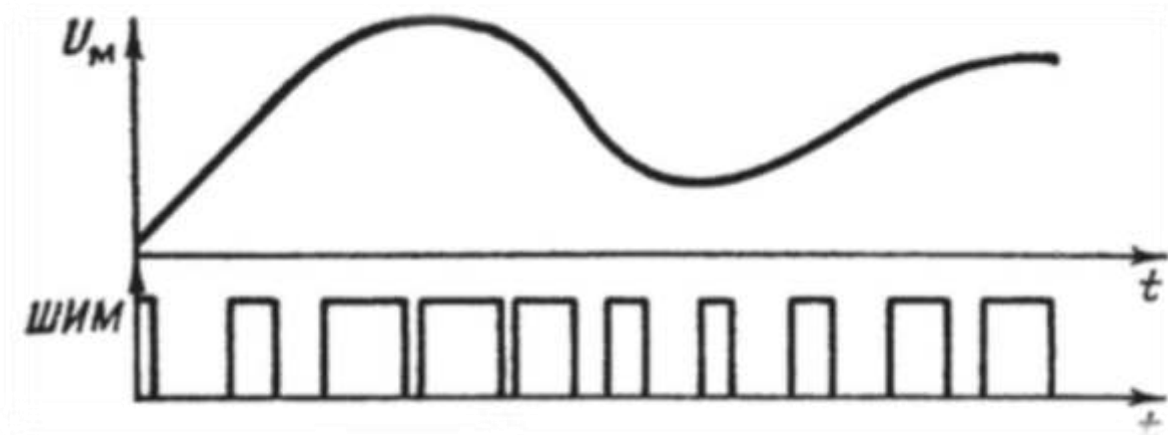


Рис.16.Візуалізація роботи ШІМ

- піни 15 та 19 використовуються як цифрові виходи для керування оптронами

Для забезпечення плавного керування навантаженням змінного струму завдання ускладнюється: потрібно вловлювати момент перемикання напруги, вимірювати час і вимикати семиристор, відрізаючи частину синусоїди. Цей процес називається фазовим керуванням.

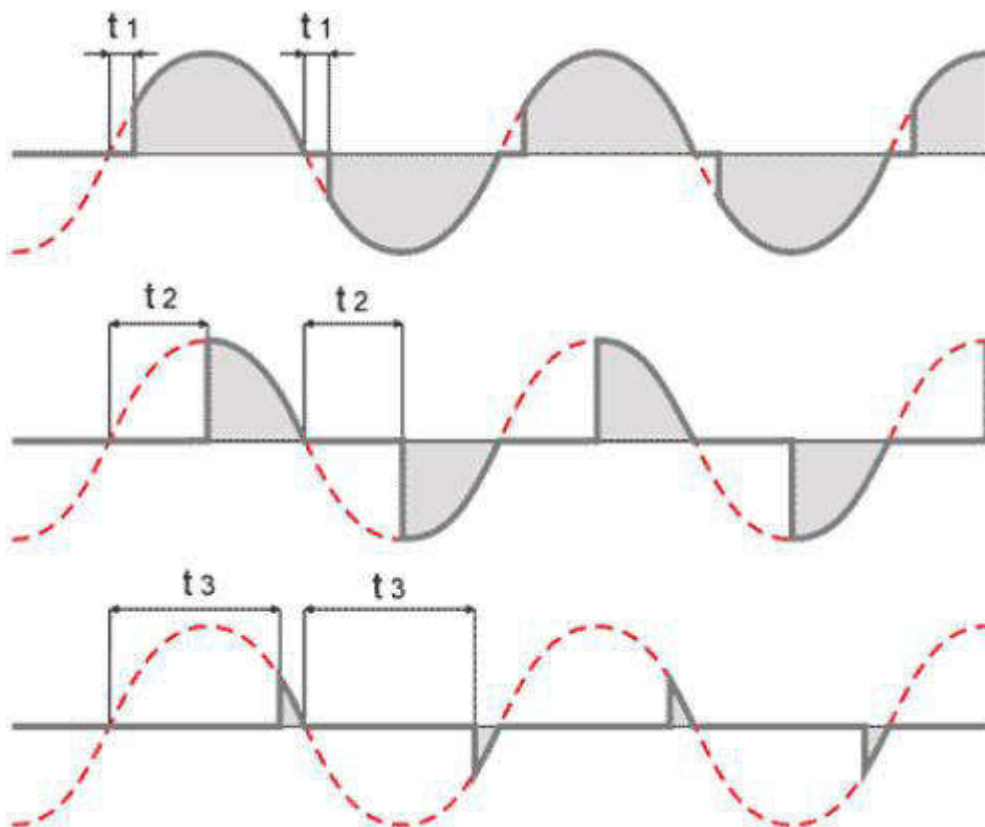


Рис.17.Візуалізація роботи фазового контролю

4.7. Вибір датчиків та елементів зв'язку з мікроконтролером.

Один з найкращих варіантів для використання у пристрої контролю випробувань електронної апаратури - це універсальні датчики DHT22.

DHT22 працює на основі цифрового сигнального протоколу і підключається до мікроконтролера або одноплатного комп'ютера через цифровий вхід-вихід, такий як GPIO (General Purpose Input/Output). Він має 4 виводи: VCC (живлення), GND (земля), DATA (даних) і NC (незадіяний вивід).

Основною функцією DHT22 є вимірювання температури і вологості повітря. Він має внутрішній термосенсор, який вимірює температуру, а також вологість в залежності від температури за допомогою вбудованого елемента, що реагує на зміну вологості.

Для отримання даних з DHT22 необхідно взаємодіяти з ним через протокол передачі даних. Мікроконтролер або одноплатний комп'ютер надсилає сигнал старту, отримує бітові дані з датчика і перетворює їх на значення температури та вологості. Отримані дані можуть бути використані для подальшої обробки, відображення на дисплеї або передачі через мережу.

Однією з переваг DHT22 є його висока точність вимірювання температури і вологості. Він може вимірювати температуру в діапазоні від -40°C до $+80^{\circ}\text{C}$ з точністю $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, а також вологість в діапазоні від 0% до 100% з точністю $\pm 2\%$. Крім того, DHT22 має низьке енергоспоживання і дуже швидко відповідає на зміни умов оточення.

Завдяки своїм характеристикам, DHT22 знаходить застосування в різних проектах, таких як системи автоматизації, кліматичний контроль, інкубатори, погодні станції та інші пристрої, де важливо вимірювати температуру та вологість навколишнього середовища.

У нашому пристрої ми використовуємо два датчики для підвищення точності вимірювань.

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						35
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Таб.10. Технічні специфікації DHT22 [11]

Характеристика	Значення	
Вихідний сигнал	Цифровий	
Період чутливості	2 с.	
Живлення	3.3-6 постійної напруги	
Діапазон роботи	Вологості	Температури
	0-100%	-40,+80 °С
Точність заміру	Вологості	Температури
	±2%	±0.5 °С

Ми використовуємо КУ-040 як перший елемент зв'язку, він є поворотним енкодером, що використовується для введення обертальних рухів в електронних пристроях. Його механізм складається з ручки або диска для обертання, енкодерного датчика і плати з виводами для підключення до мікроконтролера. Датчик передає сигнали залежно від напрямку і швидкості обертання ручки.

Основна його функція полягає в вимірюванні кількості обертів та напрямку обертання. Коли ручка повертається, енкодерний датчик генерує імпульси, які вказують на зміну положення. За допомогою цих імпульсів можна визначити кількість обертів і визначити напрямок руху.

КУ-040 має додаткову функціональність, яка дозволяє також використовувати його як кнопку. На модулі знаходиться кнопка, яку можна натиснути, а при натисканні буде генеруватися сигнал. Це дозволяє використовувати КУ-040 як комбінований елемент управління, який поєднує обертання та натискання.

Натискання кнопки може бути використане для виконання певних дій або включення/виключення певних функцій в проекті. Наприклад, він може служити для підтвердження вибору, зміни режимів роботи або переключення між різними налаштуваннями. Ця можливість розширює функціональність КУ-040 і дозволяє більш гнучке керування, де потрібно поєднувати обертання і натискання для взаємодії з користувачем або здійснення певних операцій.

Наступним елементом зв'язку у нашому пристрої є геркон. Він має два основні стани: відкритий і закритий. В стані "відкритий" геркон не впливає на електричне коло, і струм не проходить через нього. В стані "закритий" геркон замикатиме електричне коло і дозволить протікання струму.

Стан геркона залежить від впливу магнітного поля магніта, який розташований поблизу геркона. Залежно від положення магніта, геркон може зазнавати змін у своєму стані. Що надає можливість дізнатись стан камери, де проводиться тестування - відкрита вона чи закрита.

Останнім з елементів зв'язку є LCD дисплей LCD1602 який має можливості для відображення різноманітного тексту і символів. Він підтримує стандартний набір символів, таких як літери латинського алфавіту, цифри, спеціальні символи і піктограми. За допомогою вбудованих команд контролера дисплея, можна встановлювати положення курсору, змінювати яскравість підсвічування, виконувати прокрутку тексту та інші операції.

Підключення дисплея здійснюється за допомогою певного набору контактів, які передають дані і сигнали управління. Завдяки своїм стандартним інтерфейсам, таким як I2C або SPI, взаємодія з LCD1602 стає простою і зручною.

Дисплей складається з 2 рядків по 16 символів кожен, тому він здатен відображати до 32 символів тексту одночасно. Що в загальному вистачає для можливості відображати всю актуальну інформацію.

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						37
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В рамках даної бакалаврської роботи було проведено розробку електричної структурної схеми та електричної принципової схеми пристрою, який призначений для контролю випробувань електронної апаратури. Процес розробки включав необхідні базові розрахунки електричних параметрів елементів схеми, щоб забезпечити їх відповідність поставленим технічним вимогам.

Розроблений пристрій був оснащений двома датчиками, які забезпечували необхідну інформацію для контролю випробувань. Крім того, в систему були включені елементи комунікації, що дозволяли взаємодіяти з нашим пристроєм.

Електрична принципова схема пристрою була побудована на базі мікроконтролера типу AVR, який виконував необхідні обчислювальні та керуючі функції. Напруга живлення цифрового контролера становила 5 В, а для живлення навантаження використовувалася напруга 230 В з частотою 50 Гц. Крім того, пристрій також потребував додаткових напруг, таких як 24 В та 12 В постійної напруги, для забезпечення роботи певних елементів схеми. Враховуючи всі елементи навантаження, загальне споживання електроенергії даного пристрою становить приблизно 2,85 кВт.

У результаті виконання даної курсової роботи було досягнуто мету, а саме розроблено принципову електричну схему пристрою для контролю випробувань електронної апаратури, що відповідає вимогам технічного завдання.

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						38
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. <https://spectrolab.com.ua/ua/p523385416-klimaticheskaya-kamera-teplo.html> ;
2. <https://www.binder-world.com/int-en/product/mkf-56> ;
3. <https://li-ne.ru/page/raschet-toroidalnyh-transformatorov/>;
4. <https://pdf1.alldatasheetru.com/datasheet-pdf/view/838007/TI1/LM7805.html>;
5. <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/59666/EIC/B40-C1500R/49/1/B40-C1500R.html>;
6. <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/838008/TI1/LM7812/407/7/LM7812.html>;
7. <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/11470/ONSEMI/2N3904/180/1/2N3904.html>;
8. https://www.minitech.com.ua/download/datasheet/Raznoe/MOC3061_MOC3062_MOC3063_zero-cross_ds.pdf ;
9. <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/447079/TGS/BTA08-600B.html> ;
10. <https://www.piezoelements.com/mist-generation/piezo-transducer-atomizer/piezo-humidifier-transducer.html> ;
11. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf> ;
12. <https://html.alldatasheetru.com/html-pdf/114065/MAXIM/DS1804-010/153/1/DS1804-010.html> ;
13. <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/ky-040-datasheet.pdf> ;
14. <https://mdk-kyiv.prom.ua/ua/p586757121-ten-150-c1315.html> ;
15. <http://elektroten.com/articles/53-whatisten> .

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						39
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КБР ЕС 19050039.001 ПЗ	Арк.
						40
Вим.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
<u>Резистори</u>			
R1,R13,R18	МЛТ-0,25 3,3 кОм ±10%ОЖО.467.180ТУ	3	
R2	МЛТ-0,25 2,2 кОм ±10%ОЖО.467.180ТУ	1	
R3	МЛТ-1 680 Ом ±10%ОЖО.467.180ТУ	1	
R4	МЛТ-0,25 0,47 кОм±10%ОЖО.467.180ТУ	1	
R5	МЛТ-0,25 0,8 кОм ±10%ОЖО.467.180ТУ	1	
R6	МЛТ-0,25 980 Ом ±10%ОЖО.467.180ТУ	1	
R7	МЛТ-0,12 1 МОм ±10%ОЖО.467.180ТУ	1	
R8,R10	МЛТ-0,12 755 Ом±10%ОЖО.467.180ТУ	2	
R9,R11	МЛТ-0,12 2,5 кОм±10%ОЖО.467.180ТУ	2	
R12	МЛТ-0,12 280 Ом±10%ОЖО.467.180ТУ	1	
R13,R18	МЛТ-0,25 330Ом±10%ОЖО.467.180ТУ	2	
R14,R19	МЛТ-0,12 160Ом±10%ОЖО.467.180ТУ	2	
R15,R20	МЛТ-5 390 Ом ±10%ОЖО.467.180ТУ	2	
R16,R17	МЛТ-0,125 10 кОм ±10%ОЖО.467.180ТУ	1	
<u>Конденсатори</u>			
C1	10nF 25V X7R 5% 0805	1	
C2	1,2nF 50V NP0 5% 0805	1	
C3	33nF 50V X7R 10% 0805	1	
C4	150nF 50V X7R 10% 0805	1	
C5,C10	470uF 25V ELV	2	
C6,C9	330nF 25V X7R 10% 0805	2	
C7,C11	100nF 25V X7R 10% 0805	2	
C8,C12	100uF 16V EHV	2	
C13,C14	100nF 16V X7R 10% 0805	2	
<u>Катушки індуктивності</u>			
L1	NL322522T-101J TDK	1	100uH 10% SMD 1210
L2	SWI0805CTR10K	1	100nH 10% 0805
L3	SWI0805FT220K	1	22uH 10% 0805

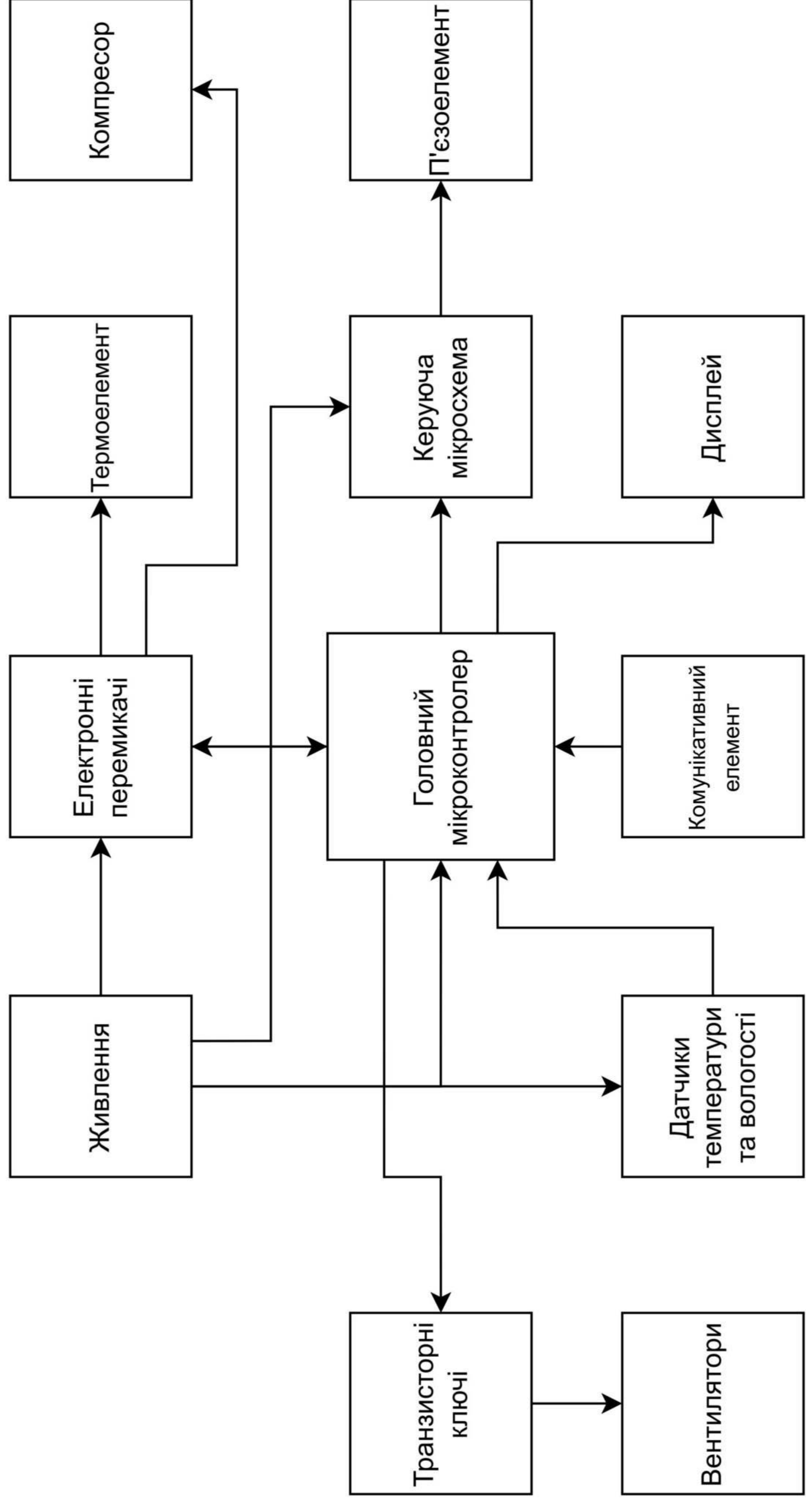
КБР ЕС 19050039.001 ПЕ

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата
Розроб.		Мошак М.В.		15.06.25
Перевірів		Юркін І.М.		15.06.25
Н.контр.		Спесивих О.О.		15.06.25
Затверд.		Зяць Т.М.		15.06.25

Пристрій контролю випробувань
електронної апаратури
Додаток В
Перелік елементів

Літера	Аркуш	Аркушів
Н	1	2

УжНУ, ІТФ, гр.ЕС, 4 курс



КБР ЕС 19050039.001 Е1		Листопад	Місто	Місцевість
Пристрій контролю виробовувань електронної апаратури		Н	Н	1:1
Доладок А		Архив 1		
Схема електрична структурна		УжЗУ, ЛТФ, зр. зр. ЕС, 4		
Замовник		Система О.О.		
Виконав		Ванюк Т.М.		
Знак	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Машук М.В.		
Перевір.		Розин Г.М.		

Додаток 1

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНУЗ УжНУ

к.фр.-м.н., Залізко Марко Михайлович

Студента (-ки) 4 курсу
спеціальності 171 Електроніка
Мошак М.В.
(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

щодо самостійного виконання
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Мошак Максим Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) Откаседина, інженерно-технічний, IV
(форма навчання, факультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему: Пристрій контролю виробу-
вань електронної апаратури

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

Всі запозичення з друкованих та електронних джерел, а також із захищених раніше робіт мають відповідні посилання. Я ознайомлений(а) з діючим Положенням, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску навчальної/кваліфікаційної роботи до захисту та притягнення до академічної відповідальності.

16.06.2023
Дата

МВ
Підпис



Додаток 2.

ДОВІДКА
про результати перевірки на унікальність
кваліфікаційної, навчальної (курсової) роботи

Автор роботи	Мошак Максим Вікторович
Назва роботи	Пристрій контролю виробувань електронної апаратури
Спеціальність	171 Електроніка
Курс	IV
Факультет	Інженерно-технічний
Кафедра	Електронних систем
Керівник роботи	Юркін Ігор Михайлович
Роботу перевірено в програмі	Unicheck
Додано до бази даних	
Ідентифікаційний номер роботи	КБР ЕС 19050033.001 ПЗ
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	92.1 %

Відповідальна особа/
Науковий керівник роботи

16.06.2023
Дата

Юркін І. М. 
(прізвище, ініціали)

Підпис

Ім'я користувача:
приховано налаштуваннями конфіденційності

ID перевірки:
1015624169

Дата перевірки:
16.06.2023 11:42:39 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
16.06.2023 11:44:34 EEST

ID користувача:
100006217

Назва документа: 2023-КБР-Мошак,Максим,Вікторович

Кількість сторінок: 33 Кількість слів: 5193 Кількість символів: 35324 Розмір файлу: 1.04 MB ID файлу: 1015271184

7.9% Схожість

Найбільша схожість: 4.16% з Інтернет-джерелом (<http://m.lt.pztpiezo.com/mist-generation/piezo-transducer-atomizer/p>).

6.97% Джерела з Інтернету

11

Сторінка 35

3.39% Джерела з Бібліотеки

26

Сторінка 35

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнено

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнено

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

9