

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДВНЗ « Ужгородський національний університет»**

**Інженерно-технічний факультет**

**кафедра електронних систем**


**кваліфікаційна бакалаврська робота**

На тему: Ультразвуковий дефектоскоп мобільної системи контролю

Студента 4 курсу

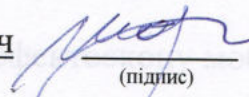
Дорогі Михайло Михайлович

(прізвище та ініціали)

  
(підпис)

Керівник кандидат фіз.-мат. наук Юркін Ігор Михайлович


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

  
(підпис)

Голова ЕК:

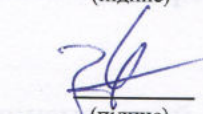
Лоя В.Ю. канд. тех.наук., ст. н. с. ІЕФ НАНУ.

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)

  
(підпис)

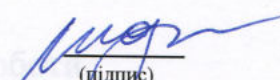
Заяць Т.М.- канд. фіз.-мат наук, доц. кафедри ЕС.

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)

  
(підпис)


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

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання)


  
(підпис)

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

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання)

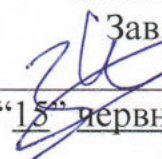
  
(підпис)

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

Студент 

(підпис)

Ужгород – 2023

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
Факультет: Інженерно-технічний Кафедра: Електронних систем  
«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Зав. кафедрою,  
доц.  (Заяць Т. М.)  
«15» червня 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну бакалаврську роботу  
студенту Дорогі Михайлу Михайловичу  
(прізвище ім'я по батькові)

1. Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: „Ультразвуковий дефектоскоп мобільної системи контролю”.

затверджені Розпорядженням декана ІТФ від “12” травня 2023 року №15.

Термін закінчення студентом бакалаврської кваліфікаційної роботи:

10 червня 2023 року.

2. Вихідні дані до роботи: необхідно розробити новий прилад, щоб була можливість знаходити дефекти на поверхнях або на елементах конструкції, а також забезпечити проведення контролю у місцях з обмеженим доступом, з якими не впораються інші прилади.

-Знаходження дефектів розміром до 3.5 мм квадратних.

-Границя допустимої похибки – не більше 1 %.

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці:

Вступ.

1.Огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування.

2.Огляд і аналіз існуючих методів та схемо-технічних рішень завдання.

3.Проектно-конструкторський розділ:

3.1Розробка структурної схеми

3.2 Розробка електричної принципової схеми;

3.3Розрахунки режимів роботи елементів принципової схеми, вибір елементів.

Висновки

Перелік джерел посилань


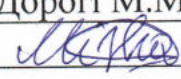
4. Перелік графічного матеріалу, в тому числі обов'язкових креслень.

1. Функціональна схема

2. Структурна схема.

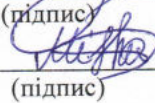
3. Електрична принципова схема.

5. Консультанти розділів роботи:

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

6. Дата видачі завдання 23 листопада 2022 року.

Керівник роботи  (доц. І.М Юркін)

Завдання прийняв на виконання  (М.М Дорогі)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент  Дорогі М.М

Керівник КБР  Юркін І.М

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна бакалаврська робота: сторінок – 40, рисунків – 10, таблиць – 2, джерел літератури – 15.

Об'єкт розробки – Ультразвуковий дефектоскоп мобільної системи контролю.

Мета розробки: зробити огляд та аналіз об'єкту проектування та розробити структурну схему, принципову схему та іншу необхідну документацію до пристрою.

Метод дослідження – аналіз прототипу та аналогів, синтез електричної структурної схеми та її реалізація у вигляді електричної принципової схеми.

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. В роботу включено структурну, функціональну, та принципову схеми, а також розрахунки номіналів елементів пристрою.

Ультразвуковий дефектоскоп мобільної системи контролю.

Ultrasonic flaw detector of a mobile control system.

## ABSTRACT

Qualification Bachelor's Thesis: 40 pages, 10 figures, 2 tables, 15 literature sources.

Development Object - Mobile Ultrasonic Defectoscope for Inspection.

Development Objective: To provide an overview and analysis of the design object and develop the structural diagram, schematic diagram, and other necessary documentation for the device.

Research Method - Analysis of the prototype and analogs, synthesis of the electrical structural diagram, and its implementation in the form of an electrical schematic diagram.

This work presents an analysis of analogs of the design object and develops the structural and schematic diagrams in accordance with the requirements of the technical assignment. The main technical characteristics are described, and development trends are discussed. The work includes structural, functional, and schematic diagrams, as well as calculations of device component values.

Ultrasonic flaw detector of a mobile control system.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри

доц. Заяць Т.М

“15” червня 2023р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної бакалаврської роботи

на тему:

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ДЕФЕКТОСКОП МОБІЛЬНОЇ  
СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ

Виконав:

Дорогі Михайло Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

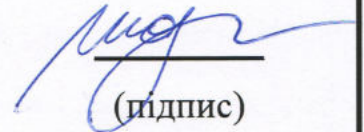
Науковий керівник:

канд. фіз.-мат. наук, доцент Юркін.І.М

(вчене звання, ПБ, посада)



(підпис)



(підпис)

Ужгород 2023

## Зміст

Вступ.....	3
1 Огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування.....	5
2 Огляд і аналіз існуючих методів та схемо-технічних рішень завдання.....	16
.....	
3 Проектно-конструкторський розділ:.....	22
3.1 Розробка структурної схеми.....	22
3.2 Розробка електричної принципової схеми.....	24
3.3 Розрахунки режимів роботи елементів принципової схеми, вибір елементів.....	28
3.3.1 Розрахунок блоку ГУЗ.....	28
3.3.2 Розрахунок підсилювача.....	30
3.3.3 Підбір АЦП.....	32
3.3.4 Підбір мікроконтролера.....	34
Висновки.....	38
Література.....	39-40

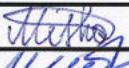
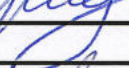
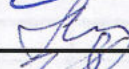

### Додатки:

Додаток А Специфікація КБР ЕС. 123456 001.СП

Додаток Б Структурна електрична схема

Додаток В Функціональна схема

Додаток Г Принципова схема

КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Дорогі М.М		15.06.23
Перевірів		Юркін І.М		15.06.23
Т.Контр.				
Н.Контр		Слесивих О.О		15.06.23
Затверд.		Заяць Т. М		15.06.23
Ультразвуковий дефектоскоп мобільної системи контролю				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		У	7	40
УжНУ, ІТФ 4 курс, гр. ЕС				

## ВСТУП

Ультразвукова дефектоскопія відноситься до активних не руйнівних методів акустичного контролю. Технологія активних методів включає первинний вплив на об'єкт контролю ультразвуковими хвилями від зовнішнього джерела та подальший аналіз результатів даного впливу. Цей метод дозволяє виявити внутрішні або поверхневі дефекти, такі як тріщини, пузири, неправильності структури тощо.

Принцип роботи ультразвукової дефектоскопії полягає у відправленні ультразвукового сигналу до об'єкта контролю і отриманні його ехо-сигналу, який відбивається від дефектів або внутрішніх інтерфейсів в матеріалі. Час, який потрібний для повернення сигналу до датчика, використовується для визначення положення та розміру дефекту.

Ультразвуковою хвилею називається процес поширення пружних коливань ультразвукової частоти в матеріальному середовищі. При цьому кожна частка, яка перебуває у хвильовому русі, коливається біля положення своєї рівноваги, передаючи свою енергію сусіднім часткам. Відмінність звукових хвиль від ультразвукових полягає у частоті коливань. Хвилі із частотою від 16 до 20000 Гц відносяться до звуковим (дані частоти вважаються межами чутності звуків для людського вуха). Пружні коливання із частотою від 20000 до 10<sup>9</sup> Гц називають ультразвуковими.

Як правило, для взаємодії з об'єктом контролю використовуються поздовжні або поперечні ультразвукові хвилі. Поздовжньою хвилею називається така хвиля, у якій коливальний рух окремих частинок відбувається у тому напрямі, у якому поширюється хвиля. Поперечною (зсувною) хвилею називають таку хвилю, в якій окремі частинки коливаються в напрямку, перпендикулярному до напрямку поширення хвилі.

											Арк
											3
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ						

Ультразвукова дефектоскопія застосовується в різних галузях, таких як металургія, авіація, будівництво, нафто- і газова промисловість, медицина та інші. Вона дозволяє

проводити якісний контроль матеріалів і зварних з'єднань, виявляти внутрішні дефекти та ускладнення, а також, допомагає контролювати якість виробництва та забезпечувати безпеку експлуатації та відповідність стандартам безпеки та якості.

Застосування ультразвукової дефектоскопії дозволяє на ранніх етапах виявляти дефекти, що може забезпечити запобігання аваріям та великим пошкодженням.

Цінність її полягає в високій чутливості та точності вимірювання розмірів та глибини дефектів і може бути використана для контролю різних матеріалів, включаючи метали, композити, кераміку, скло та інші.

					<i>КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

## 1.Огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування

Існує кілька основних методів ультразвукової дефектоскопії, які використовуються в залежності від типу досліджуваного об'єкта та мети контролю. Найпоширеніші серед них:

**Прямий метод (pulse-echo method):** Цей метод використовується для виявлення дефектів внутрішньої структури матеріалу. Ультразвуковий перетворювач випромінює короткий імпульс ультразвуку, який проникає в матеріал. Якщо на шляху хвильового променя зустрічається дефект або перешкода, частина сигналу відбивається назад до перетворювача. Цей відбитий сигнал реєструється і аналізується для виявлення дефектів.

**Відбитий метод (reflection method):** Цей метод використовується для виявлення дефектів на поверхні матеріалу. Ультразвукові хвилі випромінюються на поверхню матеріалу під кутом і відбиваються від неї. Відбите попередньо розсіяне світло аналізується для виявлення дефектів, таких як тріщини, подряпини або нерівності.

**Прольотний метод (transmission method):** Цей метод використовується для виявлення дефектів, які перешкоджають проходженню ультразвуку через матеріал. Ультразвукові хвилі випромінюються на одному боці матеріалу і реєструються на протилежному боці. Якщо на шляху хвильового променя є дефект, він може викликати зміну амплітуди, фази або затримки хвильового сигналу.

**Локальний метод (scanning method):** Цей метод використовується для візуалізації та картографування дефектів в просторовій області. Ультразвуковий перетворювач сканує поверхню досліджуваного об'єкта, записуючи дані про відбитий або пропущений сигнал. Ці дані використовуються для побудови зображень, відображаючих розташування та розміри дефектів.

Ці методи ультразвукової дефектоскопії можуть застосовуватись окремо або комбінуватися для досягнення найкращих результатів контролю. Вибір конкретного методу залежить від типу матеріалу, характеристик дефектів та цілей дослідження.

					<i>КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

Ультразвуковий дефектоскоп (УЗД) - це електронно-акустичний пристрій, призначений для збудження-прийому ультразвукових коливань з метою виявлення порушень суцільності або однорідності матеріалів та вимірювання їх характеристик. Дефектоскоп перетворює коливання на вигляд, зручний для виведення на відповідний індикатор. Він оснащений сервісними пристроями для налаштування та збереження параметрів контролю та вимірювання параметрів прийнятих сигналів.

Валежно від сфери застосування дефектоскопи діляться на прилади загального призначення (УЗДЗП) та спеціалізовані (УЗДС).

Ультразвукові дефектоскопи загального призначення - це пристрої, які використовують для неруйнівного контролю та виявлення дефектів у різних матеріалах та конструкціях. Вони забезпечують високу чутливість та точність вимірювань, тому застосовуються у найрізноманітніших сферах. Ось кілька з них:

1.)Виробництво і контроль якості: ультразвукові дефектоскопи використовують, щоб мати змогу впевнитися в якості, чи виявити дефекти на ранніх етапах виробництва різних матеріалів, таких як пластмаси, метали, композити, тощо. Вони можуть виявляти пухирі, тріщини, нерівності поверхні та інші дефекти, що можуть впливати на якість та безпечність виробів.

2.)Металургія та машинобудування: УЗД використовується для виявлення дефектів у металевих заготовках, зварних з'єднаннях, литих виробках та інших металевих конструкціях. Це дозволяє виявляти тріщини, пори, включення та інші неправильності, що можуть впливати на міцність та стійкість конструкцій.

3.)Авіація та автомобільна промисловість: УЗД використовується для перевірки структурних компонентів автомобілів, гелікоптерів, літаків та інших транспортних засобів. Вона допомагає виявляти тріщини, дефекти зварних з'єднань, корозійні ушкодження та інші проблеми, що можуть впливати на безпеку та ефективність транспортних засобів.

					КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ	Арк
						6
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

4.)Будівництво та інфраструктура: УЗД застосовують для оцінки стану будівель, мостів, залізничних колій, трубопроводів та інших інженерних споруд. Вони дозволяють виявляти тріщини, деформації, розтріскування та інші дефекти, що можуть вказувати на проблеми зі стійкістю та безпекою даних конструкцій.

5.)Медицина: УЗД також застосовується в медичній галузі для виявлення дефектів у тканинах тіла, наприклад, для виявлення пухлин, каменів у сечовому міхурі та інших патологій.

Спеціалізовані ультразвукові дефектоскопи(УЗДС) - це пристрої, призначені для виявлення та оцінки конкретних типів дефектів або для специфічного застосування. Часто, вони мають додаткові функції, налаштування і здатності, які роблять їх придатними для певних завдань або вузьконаправлених галузей. Ось деякі приклади УЗДС:

1.)Ультразвукові дефектоскопи для складних матеріалів: деякі матеріали, такі як композити або кераміка, вимагають спеціалізованої ультразвукової дефектоскопії, яка зможе врахувати їх незвичні характеристики. Ці прилади можуть мати спеціальні режими та алгоритми обробки сигналу, що дозволяють виявити та оцінити дефекти у таких матеріалах з високою точністю.

2.)Ультразвукові дефектоскопи для металевих трубопроводів: вони використовуються для перевірки та моніторингу стану металевих трубопроводів, таких як нафтопроводи або газопроводи. Спеціалізовані прилади можуть мати гнучкі магнітні датчики, які дають змогу провести огляд у важкодоступних або закритих ділянках трубопроводів. Такий моніторинг є дуже важливим, враховуючи фінансові збитки та екологічні катастрофи під час аварій на нафто і газопроводах. Тому від УЗДС в цій галузі вимагається висока точність та функціональність.

3.)Ультразвукові дефектоскопи для контролю товщини: ці прилади використовуються для вимірювання товщини матеріалів, таких як металеві пластини або стіни резервуарів. Дуже часто вони обладнані спеціальними датчиками та програмними режимами, за допомогою яких, можна точно виміряти товщину

матеріалу та виявити зменшення товщини, що може свідчити про наявність корозії або зносу матеріалу.

Існує й багато інших видів та модифікацій УЗДС, які застосовуються в різних галузях технологій та науки, адже це по-справжньому унікальний та ефективний інструмент для підвищення якості та безпеки різноманітних конструкцій та споруд.

Залежно від функціонального призначення дефектоскопи поділяють на такі групи:

1. Для виявлення дефектів - порогові УЗД. Порогова ультразвукова дефекоскопія відноситься до методів, де сигнал, який отримали від зонду, порівнюють з заданим порогом для визначення наявності чи відсутності дефекту. Після отримання сигналу від об'єкта дослідження, його порівнюють з пороговим рівнем, і якщо сигнал не перевищує поріг, вважається, що дефект відсутній. Цей підхід дозволяє автоматично виявляти дефекти без потреби вручну аналізувати всі сигнали;

2. Для виявлення дефектів, вимірювання глибин їх залягання та вимірювання відношення амплітуд сигналів від дефектів;

3. Для виявлення дефектів, вимірювання глибин їх залягання та вимірювання еквівалентної площі дефектів за їх відображаючою здатністю або умовних розмірів дефектів;

4. Для виявлення дефектів, розпізнавання їх форм чи орієнтацій, вимірювання розмірів дефектів чи його умовних розмірів.

За конструктивним виконанням дефектоскопи поділяються на стаціонарні, переносні та портативні.

Стаціонарні ультразвукові дефектоскопи: Ці пристрої зазвичай встановлюються на певному місці або в лабораторних умовах. Вони мають фіксовану конфігурацію та значно більші розміри, оскільки не були призначеними для мобільного використання.

Стаціонарні ультразвукові дефектоскопи можуть мати більшу потужність та набагато ширші можливості для масштабних досліджень і вимірювань.

					<i>КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

Переносні ультразвукові дефектоскопи - мають компактну конструкцію та невеликі розміри, тож їх досить зручно переносити. Вони зазвичай використовуються на місці роботи або в польових умовах. Переносні ультразвукові дефектоскопи можуть мати різні режими роботи, налаштування та можливості в залежності від їхнього призначення та застосування.

Портативні ультразвукові дефектоскопи - є найбільш мобільними та компактними. Вони зазвичай мають ручну конструкцію і як у випадку з переносними, портативні УЗД теж можна легко переносити й використовувати на різних об'єктах в найвіддаленіших куточках. Портативні ультразвукові дефектоскопи зазвичай мають простий інтерфейс та оснащені батареями або акумуляторами для незалежного використання.

За ступенем участі дефектоскопіста у процесі контролю розрізняють ручні, механізовані та автоматизовані дефектоскопи.

Ручні ультразвукові дефектоскопи - вимагають активної участі оператора під час сканування об'єкта. Оператор утримує зонд, наводить його на область, яку треба обстежити, і відслідковує відповіді ультразвукових хвиль. Ручні ультразвукові дефектоскопи забезпечують гнучкість та контроль з боку оператора, що дозволяє проводити дослідження в різноманітних умовах та на різних типах об'єктів.

Механізовані ультразвукові дефектоскопи: Ці пристрої використовуються для автоматичного сканування об'єктів. Вони можуть бути оснащені механізмами, які рухають зонд по заданому шляху або використовують роботизовані системи для контролю. Механізовані ультразвукові дефектоскопи забезпечують більшу точність та повторюваність результатів, оскільки пристрій виконує сканування за попередньо заданими параметрами.

Автоматизовані ультразвукові дефектоскопи: Ці пристрої повністю автоматизовані і не вимагають прямого втручання оператора під час сканування. Вони зазвичай використовують програмне забезпечення та алгоритми для керування скануванням,

аналізу результатів та обробки даних Автоматизовані ультразвукові дефектоскопи забезпечують швидкість, повторюваність та високу точність виявлення дефектів.

Кожна з цих категорій має свої переваги в застосуванні. Це залежить від конкретних потреб, типу об'єкта та рівня автоматизації, який необхідний для конкретного використання.

Умовне буквено-цифрове позначення вітчизняних дефектоскопів складається з букв УД (для УЗДЗП) або УДС (для УЗДС), номера групи призначення та порядкового номера моделі.

Функціональна схема цифрового мікропроцесорного дефектоскопа представлена на рис. 1.1. У дефектоскоп можна умовно виділити два основних блоки: блок управління і пам'яті і власне дефектоскопічний блок.

Функціональна схема цифрового мікропроцесорного дефектоскопу

					<i>КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>



випромінювання, а ПЕП2-тільки в режимі прийому. Внаслідок зворотного п'єзоелектричного ефекту п'єзоелемент ПЕП1 перетворює електричний імпульс на пружне коливання, яке поширюється в контрольованому об'єкті (КО), формуючи ультразвукову хвилю. Коливання, відбиті від протилежної поверхні КВ або від дефектів, повертаються до поверхні контролю. Внаслідок явища прямого п'єзоелектричного ефекту п'єзоелемент ПЕП2 перетворює пружне коливання в електричний імпульс, який через роз'єм Р2 надходить у приймально-підсилювальний тракт (ППТ).

Режим роботи, при якому до дефектоскопа підключені два п'єзоелементи, один з яких працює тільки в режимі випромінювання, а другий - тільки в режимі прийому (ключ К розімкнуто), називається роздільним.

У роздільному режимі роботи перший п'єзоелемент, який є випромінювачем, генерує ультразвукові хвилі і випромінює їх у матеріал. Другий п'єзоелемент, який є приймачем, приймає відбиті сигнали від дефектів або структур матеріалу.

Цей режим роботи забезпечує відокремлену функцію передавання та приймання сигналів. Це дозволяє отримувати більш точні дані про відбиті сигнали, оскільки приймач не отримує власний випромінюваний сигнал. Роздільна робота дозволяє використовувати складніші алгоритми обробки сигналів та отримувати високу якість зображень та інформацію про дефекти в матеріалі.

Режим роботи, при якому до дефектоскопа підключені два п'єзоелементи, кожен з яких працює як в режимі випромінювання, так і в режимі прийому (ключ замкнутий), називається роздільно-сумісним.

У роздільно-сумісному режимі обидва п'єзоелементи використовуються як передавачі та приймачі. Один з них генерує ультразвукові хвилі і випромінює їх у матеріал, а другий приймає відбиті сигнали від дефектів або структур матеріалу.

Цей режим роботи дозволяє одночасно використовувати обидва п'єзоелементи для передавання та приймання сигналів, що дозволяє отримати більш повну інформацію



- Налаштування параметрів сканування: включає частоту генератора, амплітуду сигналу, чутливість приймача та інші параметри, що впливають на якість інформації, отриманої з дефектоскопу.
- Зразки сигналів: Під час процесу сканування ультразвуковим дефектоскопом отримуються відбиті сигнали від дефектів або структур матеріалу. Ці сигнали можуть бути тимчасово збережені в ОЗП для подальшого аналізу та обробки.
- Результати аналізу: Після обробки сигналів ультразвуковим дефектоскопом можуть бути отримані результати, такі як зображення, виявлені дефекти, числові характеристики тощо. Ці результати можуть бути збережені в ОЗП перед виведенням на дисплей або передачею на зовнішній носій інформації.

ОЗП дозволяє оператору дефектоскопу управляти режимами роботи, налаштовувати параметри та аналізувати дані в режимі реального часу, що допомагає в ефективному контролі та виявленні дефектів в матеріалах.

Джерело живлення (ДЖ) служить для перетворення напруги живлення і його розподілу по блоках дефектоскопа. Воно забезпечує стабільну та правильну розподілену напругу до всіх необхідних елементів системи. Це важливо для забезпечення якісного функціонування системи та точності вимірювань. Крім того, правильна розподілена напруга дозволяє забезпечити ефективну роботу всіх блоків дефектоскопа та підтримувати його в робочому стані протягом тривалого часу.

Мікропроцесорний дефектоскоп має інтерфейс - пристрій для обміну інформацією з персональним комп'ютером. Цей інтерфейс може бути реалізований у вигляді різних з'єднань, таких як USB, RS-232 (серійний порт) або Ethernet.

Завдяки інтерфейсу, дефектоскоп може підключатися до персонального комп'ютера і взаємодіяти з ним для обміну даними. Це дозволяє передавати налаштування

дефектоскопа, отримувати результати контролю та зберігати їх на комп'ютері, а також виконувати інші операції обробки даних.

Зазвичай, для цього необхідне спеціальне програмне забезпечення, яке дозволяє керувати дефектоскопом і здійснювати обмін даними з персональним комп'ютером. Це програмне забезпечення може надавати користувачеві зручний інтерфейс для налаштування дефектоскопа, відображення результатів контролю та аналізу отриманих даних.

Вастосування інтерфейсу для обміну даними з персональним комп'ютером робить мікропроцесорний дефектоскоп більш гнучким і зручним у використанні, дозволяючи зберігати та обробляти дані з контролю для подальшого аналізу, архівування або обміну з іншими системами.

Завдяки інтерфейсу дефектоскоп може передавати дані контролю на персональний комп'ютер. Це дозволяє зберігати ці дані в цифровому форматі, що спрощує подальшу обробку і аналіз. Користувач може використовувати спеціальне програмне забезпечення для аналізу отриманих даних, генерації звітів, візуалізації результатів і здійснення інших операцій обробки даних.

Таким чином, інтерфейс для обміну даними з персональним комп'ютером значно розширює можливості мікропроцесорного дефектоскопа, дозволяючи зручно зберігати, обробляти, архівувати та обмінювати дані з іншими системами. Це покращує ефективність контролю, дозволяє зробити більш детальний аналіз результатів і спрощує процеси управління якістю.

					<i>КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>15</i>

## 2. Огляд і аналіз існуючих методів та схемо-технічних рішень завдання

Дефектоскоп призначений для виявлення внутрішніх дефектів зварних швів (пор, тріщин, несплавлень, шлакових включень та інших.) в металах і деяких пластмасах. Прилад дає змогу визначати, на якій глибині знаходиться дефект у межах 7...50 мм з точністю  $\pm 1$  мм.

В джерелі інформації [8] представлена схема УЗД, опис якого приведено нижче.

Робоча частота дефектоскопа – 2,5 МГц. Час встановлення робочого режиму після включення живлення – 0,5 с. Споживаний струм - 30 мА. Час безперервної роботи дефектоскопа від дев'яти акумуляторів Д-0,06-1,5 год. Габарити – 94X58X18 мм, маса – 205 г.

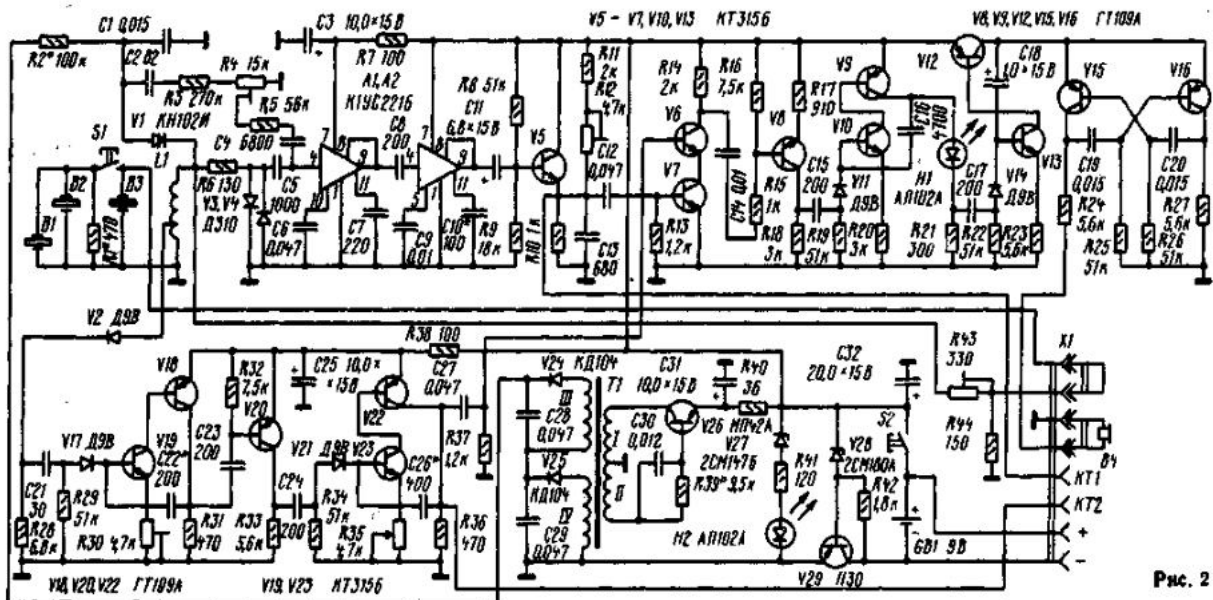


Рис. 2

Рисунок 2.1 – Принципова схема дефектоскопа [8]

Дефектоскоп складається з генератора радіоімпульсів, сигналізатора дефектів, широкосмугового підсилювача, пристрою тимчасового вирівнювання амплітуди, стабілізатора напруги живлення та перетворювача. Генератор радіоімпульсів вибраний на диністорі V1.

Принцип роботи дефектоскопа заснований на властивості ультразвукових коливань (УК) відбиватися від внутрішніх дефектів матеріалу, що проводить ці коливання. Короткий радіоімпульс перетворюється п'єзопластинами V1-V3 шукача (рис. 2.1) в

імпульс КК, які через шар контактуючої рідини поширюються в матеріалі у вигляді пучка, що розходитья поперечних хвиль. Ультразвукові коливання, відбиті від дефекту, у свою чергу, впливають на п'єзопластини В1-В3, збуджуючи в них ЕРС, яка посилюється, перетворюється і подається на сигналізатор дефектів. Для усунення хибних сигналів наявність дефектів сигналізатором визначається тільки в обсязі сплавлення шва - "зоні контролю".

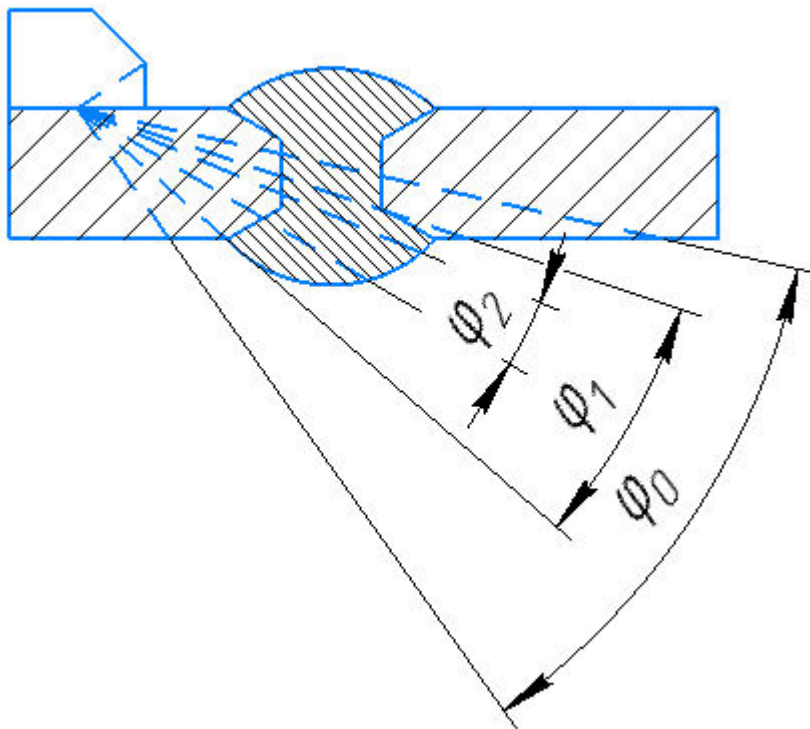


Рисунок 2.2 – Діаграма спрямованості

Дефектоскоп має два режими роботи: "Пошук" та "Оцінка". Ширина діаграми спрямованості (рис. 2.2) у вертикальній площині режимі "Пошук" -  $\varphi_1=13^\circ$ , а режимі "Оцінка" -  $\varphi_2=8,5^\circ$ . Це дозволяє спочатку визначити наявність дефекту, а потім його розташування. Кут введення ( $\varphi_0$ ) залежить від зварених матеріалів для сталі становить

Переваги схеми УЗД:

- Висока чутливість: дефектоскоп на основі ультразвукової дефектоскопії (УЗД) дозволяє виявляти різні внутрішні дефекти, такі як пори, тріщини, несплавлення та шлакові вclusions з точністю  $\pm 1$  мм. Це дозволяє проводити якісний контроль та оцінку якості зварних швів.
- Глибинна оцінка: дефектоскоп дозволяє визначити глибину розташування дефекту у межах 7-50 мм. Це важлива інформація при оцінці серйозності дефекту та визначенні його впливу на міцність та надійність зварного з'єднання.
- Компактність і переносність: дефектоскоп має невеликі габарити у використанні. Це дозволяє оператору з легкістю переносити його на робоче місце і проводити контрольні виміри.
- Швидкість встановлення режиму: дефектоскоп має швидкий час встановлення робочого режиму після включення живлення (0,5 с), що дозволяє оператору швидко підготувати прилад до роботи.

#### Недоліки схеми УЗД:

- Обмежена робоча частота: дана схема дефектоскопа працює на робочій частоті 2,5 МГц. Це означає, що вона оптимізована для виявлення дефектів на конкретній частоті, але може бути менш ефективною при контролі на інших частотах.
- Відсутність можливості регулювання параметрів: схема не надає можливості регулювати параметри генератора імпульсів, такі як амплітуда, час тривалості і форма імпульсу. Це може обмежити адаптивність приладу до різних умов контролю і матеріалів.

					КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		18

- Орієнтованість на конкретний кут введення: для сталі кут введення УЗД становить  $67^\circ$ . Це може обмежувати зручність використання приладу при обстеженні важкодоступних місць або зі складною геометрією.
- Обмежений час безперервної роботи: зазначено, що дефектоскоп може працювати безперервно від акумуляторів Д-0,06-1,5 протягом 1,5 години. Це означає, що тривалий контроль або робота на віддалених місцях може вимагати додаткового джерела живлення або перерв для заряджання акумуляторів.

В літературі [13] описується схема дефектоскоп (рис. 2.3) зібраний на кремнієвих транзисторах типів КТ 315 (12 шт.) і КТ 902 А (1 шт.). При підключенні живлення тумблером В1 починає працювати генератор високочастотних електричних імпульсів, який визначає частоту посилок електричних імпульсів, що збуджуються в елементах п'єзо вставок пошукової системи УЗД. Генератор зібраний за схемою блокінг-генератора, що генерує імпульси з великою шпаруватістю, складається з транзистора Т1 (КТ 902 А), імпульсного трансформатора Т1, ємності С1, резистора R1, котушки індуктивності L1. Струм, що живить генератор, подається через ланцюг Р2, С2. Частота роботи блокінг-генератора переважно визначається ємністю конденсатора С1 і опором резистора R1.

						КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата			19

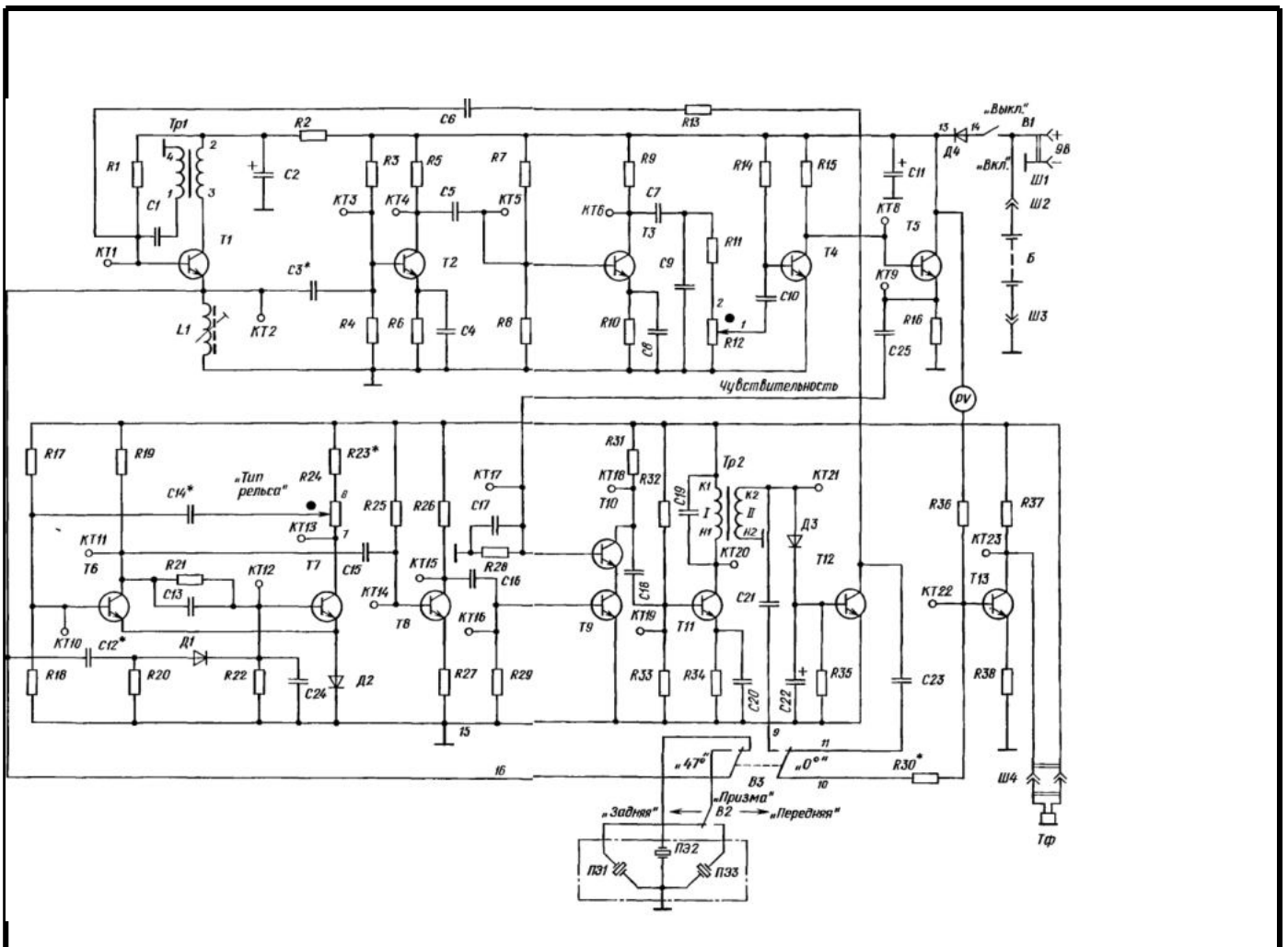


Рис.2.3 Принципова схема дефектоскопа 2.0

Застосовується типовий імпульсний трансформатор МІТ-7, у якому використовуються лише дві обмотки. При генеруванні імпульсу блокінг-генератором у переднього фронту позитивних імпульсів недостатня крутість, тому не збуджуються високочастотні електричні коливання в котушці L1 і підключеному до неї п'єзоелементі. У цей момент накопичується енергія у феритовому осерді котушки індуктивності L1. Задній фронт імпульсу блокінг-генератора має велику крутість. У цей час замикається транзистор і розривається ланцюг, що з'єднує котушку L1 із джерелом живлення.

Переваги цієї схеми:

- Простота: схема використовує невелику кількість компонентів і базується на використанні кремнієвих транзисторів, що робить її збірку відносно простою.

- **Ефективність:** генератор високочастотних електричних імпульсів забезпечує високу ефективність передачі сигналу до п'єзоелементів пошукової системи УЗД, що дозволяє отримувати чіткі та якісні результати контролю
- **Надійність:** кремнієві транзистори забезпечують стабільну роботу генератора та тривалу безперебійну роботу дефектоскопа.

**Недоліки:**

- **Обмежений діапазон частот:** Зазначена схема спеціалізована на робочій частоті 2,5 МГц, що обмежує її можливості в контролі на інших частотах.
- **Відсутність регульованості:** Схема не надає можливості регулювати частоту генератора або інші параметри сигналу, що може бути необхідним для певних додаткових застосувань або вимог.
- **Використання обмеженої кількості п'єзоелементів:** Схема підтримує підключення лише одного п'єзоелемента, що обмежує можливості формування складних пошукових систем з багатьма елементами.

					<i>КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>21</i>

### 3.Проектно-конструкторський розділ:

#### 3.1Розробка структурної схеми

На основі зробленого аналізу існуючих методів та схемо-технічних рішень схем ультразвукових дефектоскопів, зважуючи позитивні та негативні сторони різних схем [див. літ. джерела 7, , 8, 13], розроблюємо власну структурну схему представлену на рис. 3.1.

Щоб створити ударне збудження на (ГУЗ), повинен згенеруватися короткий імпульс тривалістю 0,25 довжини хвилі. Коли на п'єзоелектричному перетворювачі (ПЕП) з'являються імпульси, утворюється ультразвукове коливання, яке потрапляє в об'єкт управління на підсилювач (П) де даний сигнал підсилюється та направляється на обробку аналого-цифровий перетворювача (АЦП) де він перетворюється з аналогового на цифровий та фіксується мікроконтролером (МК) який аналізує та подає даний сигнал на пристрій обробки інформації (ПОІ) .

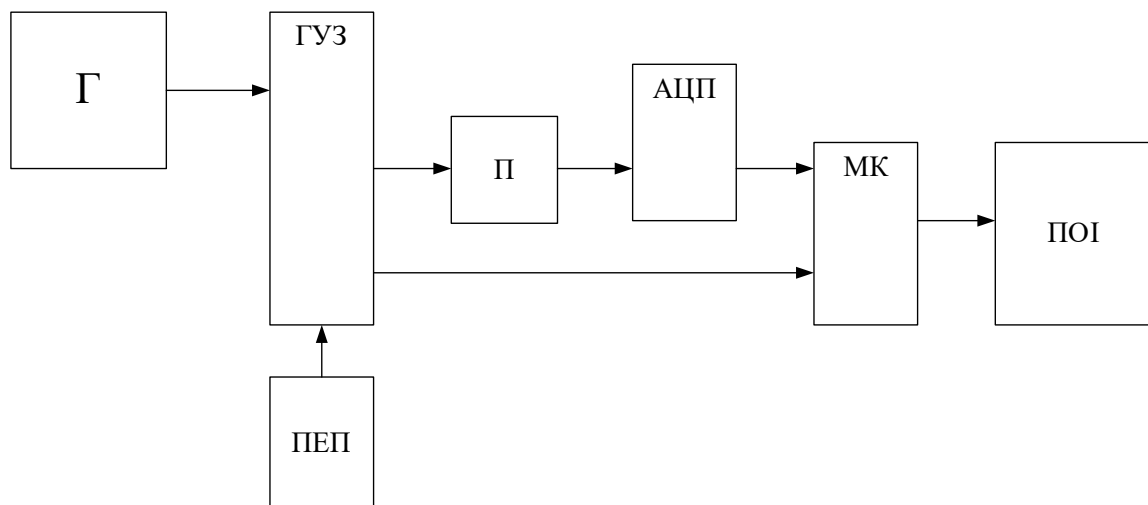


Рисунок 3.1 – Структурна схема ультразвукового дефектоскопа

Г – генератор,

ГУЗ – генератор ударного збудження,

ПЕП – П'єзоелектричний перетворювач,

П – підсилювач.

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач,

МК – Мікроконтроллер.

ПОІ – Пристрій обробки інформації.

Розглянемо розроблену функціональну схему мобільного ультразвукового дефектоскопа (рис. 3.2). Пристрій можна умовно розділити на дві частини: цифрову (Ц) і аналогову (А). До складу аналогової частини входять: п'єзоелектричний перетворювач (ПЕП), ключ (К), джерело опорної напруги (ДОН), підсилювач (П). До складу цифрової частини входять аналого-цифровий перетворювач (АЦП), блок керування (БК), модуль передачі даних (МПД) і блок обробки інформації (ШУ). Опорна напруга від джерела опорної напруги подається на перетворювач через ключ. Імпульси від блоку управління до ключа задають частоту ударного збудження. Генеровані ультразвукові імпульси перетворювач випромінює в об'єкт контролю, після чого ультразвук поширюється в ОК, відбиваючись від дефектів або від нижньої поверхні матеріалу. Після відбиття імпульси повертаються в перетворювач, так як амплітуда прийнятого сигналу набагато менше, ніж випромінюваного сигналу, тому перед оцифруванням сигналу його необхідно посилити. Після підсилювача сигнал надходить в аналого-цифровий перетворювач, де оцифровується. Потім цифровий сигнал через модуль передачі даних передається на блок обробки інформації, де відбувається його обробка. [5].

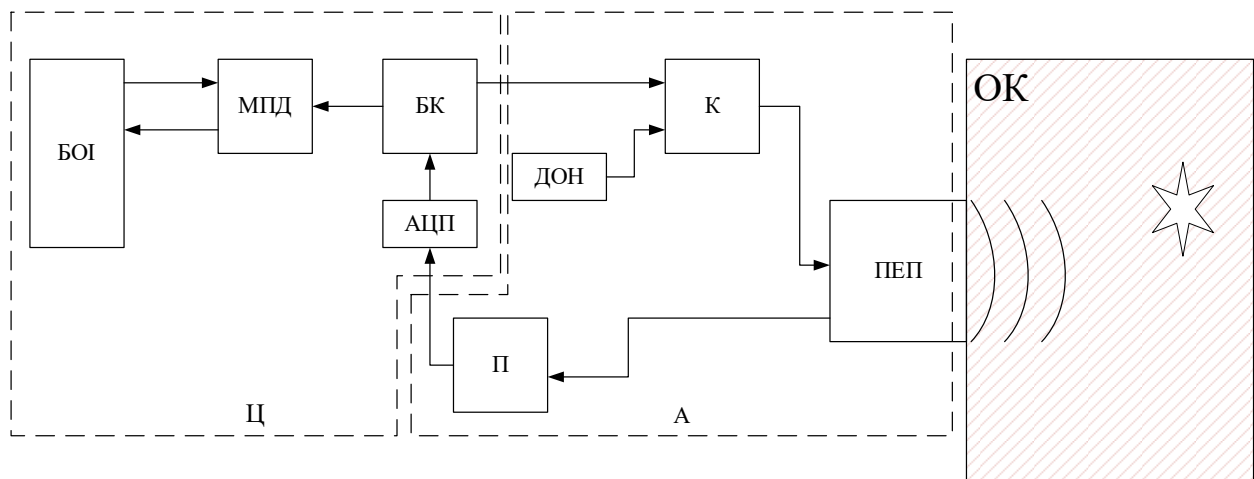


Рисунок 3.2 – Функціональна схема ультразвукового дефектоскопа, [2]

БОІ – блок обробки інформації.

МПД – модуль передачі даних.

БК – блок керування.

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

АЦП – аналого-цифровий перетворювач.

П – підсилювач.

ДОН – джерело опорної напруги.

К – ключ.

ПЕП – п'єзо електричний перетворювач.

ОК – об'єкт контролю.

### 3.2 Розробка електричної принципової схеми

Важливою частиною створення будь-якого пристрою є розробка електричної принципової схеми. Необхідно прискіпливо розглянути можливі аналоги створюваного пристрою, оцінити всі їх плюси і мінуси, а потім приступати до створення електричної принципової схеми.

Для вибору блоків схеми потрібно зробити розрахунки, які представлені в наступному розділі.

За структурною схемою можна відзначити що для складання принципової схеми нам потрібно вибрати та розрахувати елементи для наступних блоків: ГУЗ, операційний підсилювач на ІС, АЦП, ЦАП.

На основі існуючих аналогів розроблена принципова електрична схема яка представлена в графічній частині роботи на аркушеві формату А1. Аналоги можна знайти в [8 - 10].

### 3.3 Обґрунтування вибору перетворювача

Метод ультразвукового неруйнівного контролю, конфігурація ОК, умови контролю, тощо істотно впливають на вибір конструкцій п'єзоперетворювачів. Тому вони мають багато різновидів. Проте принципи, покладені в основу створення конструкцій перетворювачів, зберігаються для всіх типів перетворювачів.

$$h = \frac{\lambda_{\text{ПЕ}}}{2} = \frac{C_{\text{ПЕ}}}{2 \cdot f} \quad (1)$$

Найголовнішим елементом п'єзоперетворювача є п'єзоелемент, розміри якого визначаються з умов використання самого перетворювача. Головним розміром самого п'єзоелемента є його товщина, яка визначається за формулою (1) [8].

										Арк
										24
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата						

$$\frac{2 \cdot a}{h} = 20 \quad (2)$$

Хоча і товщина п'єзоелементу є його головним розміром, проте характеристику напрямленості випромінювання задають поперечні розміри перетворювача, також від поперечний розмірів перетворювача залежить чи з'являться побічні сигнали в спектрі випромінювання.

Співвідношення розміру перетворювача до товщини п'єзоелементу (2) рекомендовано обирати наближеним до 20.

В даному випадку буде найефективнішим співвідношення збудження п'єзоелементу.

У цій роботі було використано прямий п'єзоелектричний перетворювач. Прямий перетворювач – це такий перетворювач, який проводить випромінювання і прийом ультразвукових імпульсів в об'єкт контролю під кутом 90 градусів до поверхні самого ОК, яка входить в контакт з даним перетворювачем.

### 3.4 Вибір робочої частоти перетворювача

Приймаю, робочу частоту перетворювача  $f_p = 5$  МГц . В такому випадку довжина ультразвукової хвилі в ОК визначається за формулою (3):

$$\lambda_{OK} = \frac{C_{OK}}{f_p} \quad (3)$$

де  $C_{OK} = 5100$  м/с – швидкість поширення ультразвукової хвилі в сталі. Маючи всі дані, розраховуємо довжину хвилі:

$$\lambda_{OK} = \frac{5.1 \cdot 10^6}{5 \cdot 10^6} = 1.02 \text{ (мм)}$$

### 3.5 Розрахунок п'єзоелемента

Оберемо п'єзоелемент виготовлений з ЦТС-19, який має такі акустичні характеристики ( табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Властивості ЦТС-19

					<i>КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		25

Матеріал	Швидкість звуку $C, 10^3 \text{ м/с}$	Густина $\rho,$ $10^3 \text{ кг/м}^3$	Характеристичний імпеданс $Z,$ $10^6 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$	Відносна діелектрична проникність, $\epsilon$	Електрична міцність $E_{\text{max}},$ $10^3 \text{ В/мм}$	П'єзомодуль $d_{33},$ $10^{-12} \cdot \text{Кл/Н}$	Коефіцієнт електромеханічного зв'язку, $K_p$	Температура Кюрі, $^{\circ}\text{C}$	Механічна добротність, $Q$
П'єзокераміка вітчизняного (або країн ближнього зарубіжжя) виробництва									
ЦТС-19	3,3±0,3	7,4-7,5	22-27	1750±200	3,0	330-350	0,45-0,6	>290	80

Розрахуємо довжину хвилі для п'єзоперетворювача:

$$\lambda_{\text{пе}} = \frac{C_{\text{цтс}}}{f_p} \quad (4)$$

де  $C_{\text{цтс}}$  – швидкість поширення ультразвуку в ЦТС-19

$$\lambda_{\text{пе}} = \frac{3300}{5 \cdot 10^6} = 0.66 \text{ мм}$$

Розрахуємо розміри п'єзоелементу, для цього використаємо формулу (1):

$$h = \frac{3.3 \cdot 10^3}{2 \cdot 5 \cdot 10^6} = 0.33 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,33 \text{ мм}$$

Також розрахуємо поперечний розмір перетворювача за формулою (2):

$$\frac{2a}{0.33} = 20 \Rightarrow 2a = 20 \cdot 0.33 = 6.6$$

Аналізуючи вираховані величини, можна зробити висновок, що геометричний розмір п'єзоелемента такий:

$$h = 0.3 \text{ мм}; 2a = 6 \text{ мм}$$

Знаючи частоту, можемо знайти період коливання:

$$T = \frac{1}{f_p} \quad (5)$$

$$T = \frac{1}{5 \cdot 10^6} = 0.2 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

Загальний час зондувального імпульсу  $\tau_i$  можна вибрати з таких меж:

$$\tau_i = (3 \div 5) \cdot T \quad (6)$$

Приймаємо  $\tau_i = 5 \cdot T$ , тоді:

$$\tau_i = 5 \cdot 0.2 \cdot 10^{-6} = 1 \text{ мкс}$$

Отже повздовжня роздільна здатність буде:

					КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		26

$$\delta D = \frac{1568 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{2} = 0.784(\text{мм})$$

Компаунд К-293М найкраще підійде для матеріала демпфера, тому обираємо його [8,10].

### 3.6 Розрахунок товщини просвітлюючого шару

В якості просвітлюючого шару в конструкції датчика використовуємо протектор, який водночас захищає пластину п'єзоперетворювача від стирання.

$$z_{\text{цтс}} = C_{\text{цтс}} \cdot \rho_{\text{цтс}} \quad (7)$$

$C_{\text{цтс}}$  і  $\rho_{\text{цтс}}$  – значення вибираємо із с табл. 3.2

$$z_{\text{цтс}} = 3,6 \cdot 10^3 \cdot 7,5 \cdot 10^3 = 27 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с/м}$$

$$z_{\text{пш}} = \sqrt{z_{\text{цтс}} \cdot z_{\text{ок}}} \quad (8)$$

де  $z_{\text{цтс}}$  – імпеданс ЦТС-19 [Па·с/м],

$z_{\text{ок}}$  – імпеданс ОК [Па·с/м].

Таблиця 3.2. Акустичні властивості металів та їх сплавів

Речовина	$C_l$ , 10 <sup>3</sup> м/с	$C_t$ , 10 <sup>3</sup> м/с	$\rho$ , 10 <sup>3</sup> кг/м <sup>3</sup>	$z$ , 10 <sup>6</sup> кг·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>	Коефіцієнт Пуассона, $\nu$	$f$ , 10 <sup>6</sup> Гц	$\alpha$ , Нп/м
<b>Метали</b>							
Алюміній	6,24	3,1	2,7	17,2	0,34	2,5	0,1...1,0
Бронза	3,5...3,8	2,3...2,5	8,0...9,0	30,0...34,0	0,33...0,38	–	–
Вольфрам	5,32	2,6	19,3	102,7	0,35	–	–
Дюралюміній	6,2...6,4	3,0...3,2	2,7...2,8	19,0...20,0	0,34	2,5	0,1...1,0
Залізо	5,93	3,23	7,8	46,3	0,29	2,5	0,2...5,0
Латунь	4,3...4,7	3,1...3,5	8,4...8,5	36,0...40,0	0,35	–	–
Магній	5,74	3,05	1,74	9,98	0,33	2,5	0,1...2,0
Мідь	4,72	2,3	8,9	42,0	0,35	2,5	2,5...5,0
Нікель	5,7	3,0	8,9	50,7	0,31	–	–
Олово	3,32	1,67	7,3	24,2	0,39	–	–
Свинець	2,16	0,8	11,4	24,6	0,42...0,44	–	–
Срібло	3,65	1,65	10,5	38,3	0,37	–	–
Сталь вуглецева	5,9...5,94	3,22...3,25	7,7...7,9	45,9...46,3	0,24...0,28	2,5	0,1...10
Сталь аустенітна	5,7...6,14	3,20...3,31	7,6...8,0	44,0...48,0	–	2,5	0,3...40
Титанові сплави	6,05...6,3	3,1...3,3	4,5...4,7	27,0...29,0	–	–	–
Цинк	4,17	2,41	7,1	29,6	0,25...0,27	–	–
Чавун	3,5...5,8	2,2...3,2	7,0...7,5	26,0...42,0	0,22...0,27	2,5	0,3...50

Імпеданс латуні є найближчим до знайденого імпедансу [8] ( $C_{\text{лат}} = 4,5 \cdot 10^3$  м/с,  $\rho_{\text{лат}} = 8,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>).

$$z_{\text{лат}} = \rho_{\text{лат}} \cdot C_{\text{лат}} \quad (9)$$

$$z_{\text{лат}} = 8,5 \cdot 10^3 \cdot 4,5 \cdot 10^3 = 38.25 \text{ (Па} \cdot \text{с/м)}$$

де  $Z_{\text{лат}}$  – імпеданс латуні, Па·с/м

Так як латунь обирається просвітлюючим шаром, то можна зробити



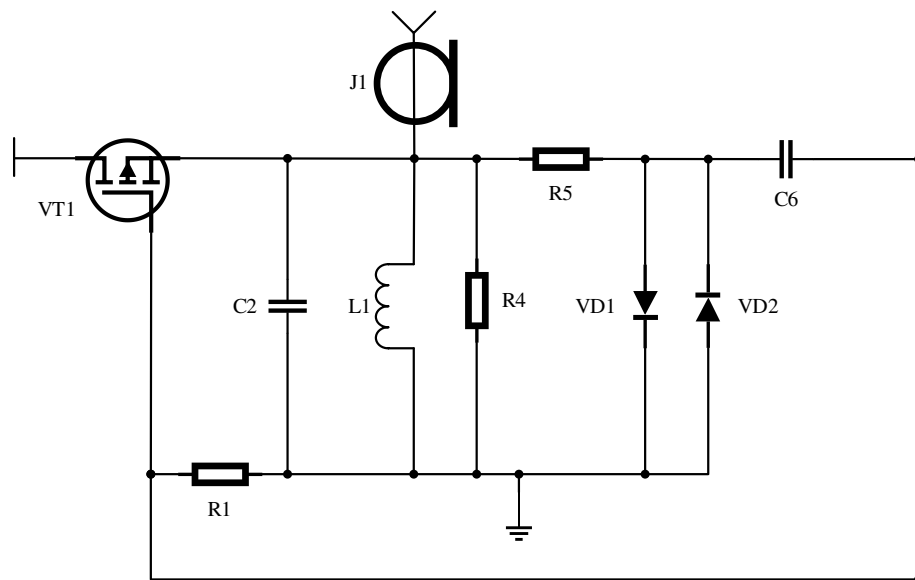


Рисунок 3.3 – Схема ГУЗ

Розрахуємо напругу живлення  $E$ :

$$U_{\max} = 0.4 \cdot E \quad (11)$$

де,  $U_{\max} = 12$  – максимальна амплітуда напруги живлення

$$E = \frac{U_{\max}}{0.4} = \frac{12}{0.4} = 30 \text{ В}$$

Ємність конденсатора  $C2$  обираємо рівною  $2,2 \text{ мкФ}$  для того, щоб зменшити енергоємність контуру.

В даній схемі для збудження ультразвукових коливань використовується генератор ударного збудження, в якому п'єзоелектричний перетворювач виступає в якості ємності. [7].

Генератор працює по принципу: конденсатор  $C1$  заряджається до напруги  $U0$  при підключенні напруги живлення  $E$ . Напруга  $U0$  визначається постійною часу ланцюга заряду  $\tau_{\text{зар}}$

$$\tau_{\text{зар}} = R_1 \cdot C_1 = 10 \text{ мкс} \quad (12)$$

$$R_1 = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{2.2 \cdot 10^{-6}} = 4,5 \text{ Ом}$$

Приймаємо  $R1 = 5 \text{ Ом}$ , тоді  $\tau_{\text{зар}} \approx 10 \text{ мкс}$ .

Для даної схеми було підібрано транзистор з низьким рівнем напруги для відкриття IRLML0100TRPbF параметри якого представлені в [14].

Основні характеристики :

					КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		29

Напруга управління база – емітерним переходом  $U_{\text{бe}}=1\div 2,5 \text{ В}$

Час спрацювання  $t_1 = 4 \text{ нс}$

Час закриття  $t_2 = 9 \text{ нс}$

Частота  $f = 1 \text{ МГц}$

При замиканні транзистора VT1 п'єзоелемент розряджається на контур через його внутрішній опір.

Постійна часу розряду:

$$\tau_{\text{роз}} = \frac{C_1 \cdot C_{\text{ПЕП}}}{C_1 + C_{\text{ПЕП}}} \cdot R_1 \quad (13)$$

$$C_{\text{ПЕП}} = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \frac{S}{d}$$

$\varepsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$  - електрична постійна

$\varepsilon$  – відносна діелектрична проникність (для ЦТС  $\varepsilon=1200$ )

$$S = \pi \cdot a^2 \quad (14)$$

$$S = 3,1416 \cdot 1^2 = 3.1416 \text{ мм}^2$$

$d = H = 1 \text{ мм}$  – товщина ПЕП

$$C_{\text{ПЕП}} = 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot 1200 \cdot \frac{3.1416 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-3}} = 33.4 \text{ pF}$$

Розрахуємо  $\tau_{\text{роз}}$

$$\tau_{\text{роз}} = \frac{2.2 \cdot 10^{-6} \cdot 33.4 \cdot 10^{-12}}{2.2 \cdot 10^{-6} + 33.4 \cdot 10^{-12}} \cdot 5 = 16.7 \text{ нс}$$

Необхідно щоб виконувалась умова :

$$\tau_{\text{роз}} < \tau_{\text{зар}}$$

$$16.7 \text{ нс} < 10 \text{ мкс}$$

Умова виконується.

### 3.7.2 Розрахунок підсилювача

Для того щоб працювати з отриманим сигналом його потрібно підсилити до рівня з яким може працювати АЦП. Нормальна робота АЦП відзначається з сигналами рівними або більше 1 В.



Максимальний розмах напруги на виході ( $R_H = 2 \text{ кОм}$ ):  $1,6 \text{ V}$  менш  $V_{\text{жив}}$

Час відновлення після перевантаження на виході:  $18 \text{ нс}$

Захист від КЗ на виході

Напруга шумів на вході:  $11 \text{ нВГц}$

Шумовий струм на вході:  $2,1 \text{ пкА / Гц}$

Немає інверсії фази при перевищенні діапазону вхідних напруг

Струм:  $6,2 \text{ мА / канал}$

Смуга пропускання, обмежена  $-3 \text{ дБ}$  ( $K_U = 1$ ):  $270 \text{ МГц}$

Вихідний струм:  $+80 / -90 \text{ мА}$

Саме тому даний операційний підсилювач можна використовувати у високошвидкісних системах.

Вибір випав на дану мікросхему у якості підсилювача тому, що за допомогою її можна використовувати у високошвидкісних схемах, має мініатюрні корпуси SC70, SOIC-8, VSSOP-8 та SOT-23-5.

Вхідна напруга  $U_{\text{ВХ}}=50 \text{ мВ}$

Коефіцієнт підсилення можна порахувати за формулою

$$K_U = \frac{U_{\text{ВИХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{R_2}{R_1} \quad (15)$$

$$K_U = \frac{1}{50 \cdot 10^{-3}} = 20$$

Приймаємо  $R_1 = 2.2 \text{ кОм}$  тоді:

$$R_2 = R_1 \cdot 20 = 44 \text{ кОм}$$

### 3.7.3 Підбір АЦП

При виборі аналого-цифрового перетворювача була обрана мікросхема ADC08B200.

ADC08B200 — це високошвидкісний аналого-цифровий перетворювач із вбудованим буфером захоплення. 8-бітний, має високу частоту дискретизації сигналу  $200 \text{ MSPS}$  (мільйон сигналів за секунду). Цей пристрій містить буфер вибірки розміром до  $1024 \text{ байт}$ , що дозволяє швидко фіксувати вхідний сигнал із меншою швидкістю зчитування. На рис. 3.5 представлена структурна схема цієї мікросхеми.

					КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		32

Також однією з переваг даної мікросхеми є низьке енергоспоживання до 200 мА, а також досить мала напруга живлення від 2,7 до 3,3 В [11].

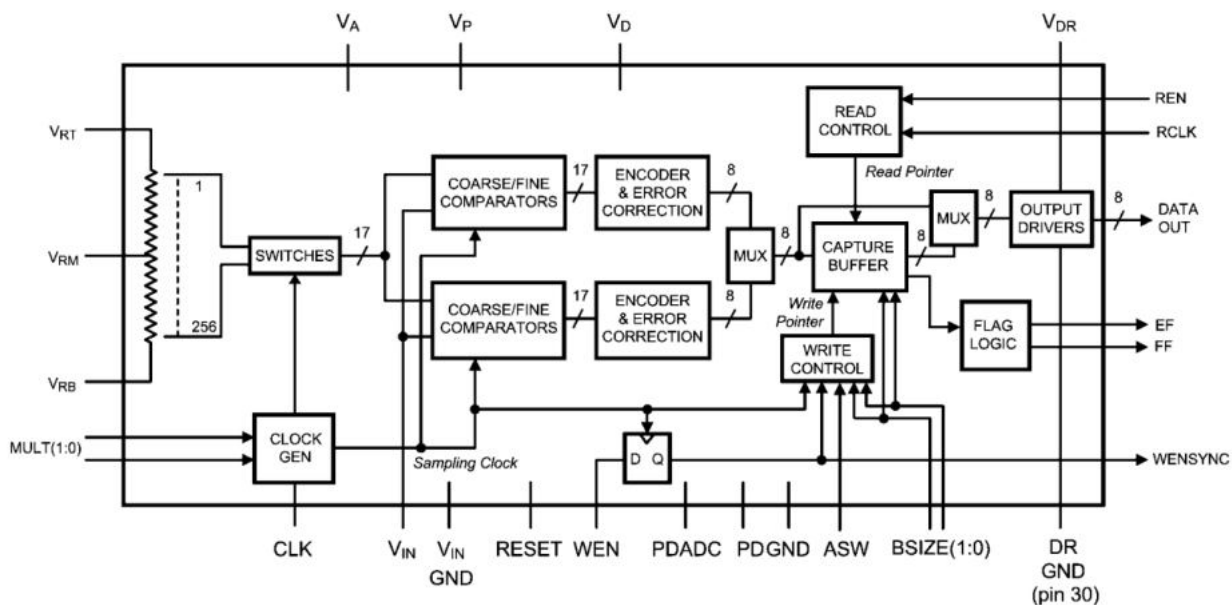


Рисунок 3.5 – Блок-схема ADC08B200 [11]

Мікросхема ADC08B200 має досить малі габаритні розміри та виготовлена в пластиковому корпусі TQFP-48 (Рис 3.6.). Малі габарити даної мікросхеми дають нам можливість зменшити розміри основної плати.

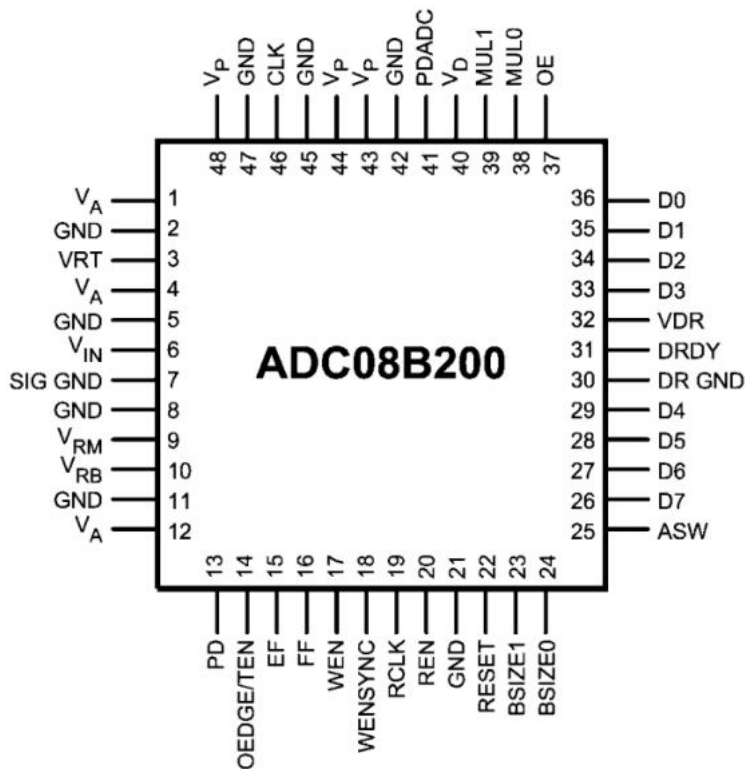


Рисунок 3.5 – Схема виводів мікросхеми в корпусі TQFP-48 [11]

### 3.7.4 Підбір мікроконтролера

Лінійка мікроконтролерів від STMicroelectronics розширює платформу STM32 новим ядром ARM Cortex™ -M4, додаючи цифрову обробку сигналів і ще більшу продуктивність в номенклатуру продуктів сімейства STM32. Дана лінійка за висновками і програмно сумісна з серією STM32 F2, працює на більшій тактовій частоті (168 МГц замість 120 МГц), підтримує обчислення з плаваючою комою, має великий обсяг оперативної пам'яті 192 кбайт і вбудованого ПЗУ (від 512 кбайт до 1 Мбайт). Нові мікроконтролери побудовані по 90-нм технології. Інтегрований адаптивний акселератор реального часу "ART Accelerator" забезпечує неперевершену продуктивність з нульовими затримками виконання програми з ПЗУ на частоті 168 МГц. Крім того, застосована технологія забезпечує відмінні динамічні параметри енергоспоживання. [12].

Мікроконтролери серії STM32 F4 випускаються в чотирьох варіантах:

STM32F405x: повний набір периферії і USB On-The-Go (OTG) full-speed / high-speed інтерфейс. Доступні в чотирьох корпусах (WLCSP64, LQFP64, LQFP100, LQFP144) з 1 Мбайт Flash. [12].

У STM32F407 до периферії наявної в STM32F405 додаються: другий USB OTG full-speed інтерфейс; вбудований Ethernet MAC 10/100 МП і RMII і апаратною підтримкою IEEE1588 Precise Time Protocol v2, а також 8 ... 14-розрядний паралельний інтерфейс камери для приєднання КМОП-камери, що підтримує до 67,2 Мбайт / с. Доступні в чотирьох корпусах (LQFP100, LQFP144, LQFP / BGA176), від 512 кбайт до 1 Мбайт Flash. [12].

STM32F415 і STM32F417 несуть на борту crypto / hash-процесор додатково до того, що мається на STM32F405 і STM32F407. Цей процесор забезпечує апаратне прискорення AES 128, 192, 256, Triple DES, HASH (MD5, SHA-1). Пропускна здатність шифрування по AES-256 досягає 149,33 Мбайт / с. [12].

Ключові особливості серії STM32 F4:

					<i>КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		34

1. Ядро Cortex-M4 з інструкціями DSP, FPU. Ядро Cortex-M4 є одним з процесорних ядер серії Cortex-M, розробленим компанією ARM. Це 32-бітне RISC-ядро, яке має деякі особливості, які його відрізняють від інших ядер серії Cortex-M.

Основні особливості ядра Cortex-M4 включають:

Інструкції DSP (Digital Signal Processing): Cortex-M4 має набір інструкцій, спеціально призначених для операцій цифрової обробки сигналів. Це включає такі операції, як множення, аккумуляція, сатурація, зсуви та інші, які є основними для обробки сигналів.

FPU (Floating-Point Unit): Cortex-M4 також має модуль плаваючої коми (FPU), який забезпечує підтримку операцій з плаваючою комою. Це дозволяє виконувати операції з дробовими числами швидше та більш точно.

Низьке споживання енергії: Ядро Cortex-M4 було оптимізоване для низького споживання енергії, що робить його ідеальним для вбудованих систем з обмеженими ресурсами.

Висока продуктивність: Ядро Cortex-M4 має високу швидкодію та продуктивність завдяки оптимізаціям виконання інструкцій та апаратній підтримці DSP операцій.

2. ART акселератор, виконання з 0 циклів затримки до 168 МГц.

ART (Adaptive Real-Time) акселератор є однією з ключових особливостей в низькопотужних мікроконтролерах, які базуються на ядрі Cortex-M4. ART акселератор є частиною апаратного виконання пам'яті і дозволяє виконувати операції в пам'яттю без затримки (zero-wait-state) з максимальною швидкістю до 168 МГц.

Основна функція ART акселератора полягає в передбачуваному кешуванні інструкцій програми в швидкодіючому кеші, що забезпечує безперервний доступ до виконавчого коду без затримок на доступ до зовнішньої пам'яті. Це дозволяє зменшити час доступу до програми і забезпечити високу продуктивність вбудованої системи.

ART акселератор автоматично аналізує виконавчий код програми і попередньо завантажує інструкції в кеш перед їх фактичним виконанням. Такий підхід дозволяє

уникнути затримок, пов'язаних з доступом до пам'яті, і забезпечує швидше виконання програми.

### 3. До 1 Мбайт Flash-пам'яті і 192 кбайт SRAM-пам'яті

Флеш-пам'ять використовується для зберігання програмного коду та необхідних даних, таких як таблиці констант або налаштування. Розмір флеш-пам'яті впливає на обсяг програмного коду, який може бути збережений у мікроконтролері. З 1 Мбайта флеш-пам'яті можна зберегти велику кількість програмного коду, але конкретний обсяг буде залежати від розміру програм та використовуваних бібліотек і функцій.

SRAM (статична оперативна пам'ять) використовується для тимчасового зберігання змінних даних, стеку викликів та інших оперативних потреб. Розмір SRAM визначає обсяг даних, які можуть бути збережені в пам'яті під час виконання програми. З 192 кбайт SRAM можна зберегти достатньо значну кількість змінних даних, але потрібно враховувати, що деяка частина SRAM може бути використана для системних потреб та буферів.

### 4. Енергоспоживання:

4.1. 230 мкА / МГц на 168 МГц при прогоні Coremark з Flash-пам'яті ;

4.2. Живлення 1,7 ... 3,6 V VDD;

4.3. <МкА типове споживання календаря;

### 5. Продуктивність:

5.1. Coremark: 363,17 на 168 МГц, Coremark / МГц: 2.162;

5.2. Dhrystone: 210 на 168 МГц;

5.3. 7 провідних, 8 ведених пристроїв на матричній шині multi АНВ.

Архітектура шини дозволяє підключати різноманітні пристрої до системи, такі як мікроконтролери, периферійні пристрої, пам'ять, сенсори тощо, і забезпечує ефективну комунікацію між ними.

6. Інтерфейс камери. Інтерфейс камери є спеціальним з'єднанням, яке дозволяє передавати дані від камери до іншого пристрою, наприклад, мікроконтролера, процесора, комп'ютера чи мобільного пристрою. Інтерфейс камери використовується

										Арк
										36
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата						

для збору і передачі зображень з камери, а також для керування камерою через сигнали керування.

7. Інтерфейс зовнішньої пам'яті. Інтерфейс зовнішньої пам'яті забезпечує з'єднання мікроконтролера або іншого пристрою з зовнішньою пам'яттю, такою як флеш-пам'ять, SRAM або EEPROM. Це дозволяє розширити обсяг доступної пам'яті і забезпечити збереження даних, програмного коду і інших ресурсів.

#### 8. Аналоговий генератор випадкових чисел.

Аналоговий генератор випадкових чисел (АГВЧ) - це пристрій, який використовує фізичні процеси для генерації випадкових значень. Він відрізняється від псевдовипадкових генераторів, які використовують алгоритми для створення послідовностей чисел, що виглядають як випадкові.

АГВЧ використовує непередбачувані фізичні події або шумові джерела, такі як термічний шум, радіоактивний розпад, електричні шуми тощо, як джерела випадковості. Він перетворює ці фізичні процеси в електричні сигнали, які можуть бути використані для генерації випадкових чисел.

Основним принципом роботи АГВЧ є використання властивостей непередбачуваності та ширини спектра шумових джерел. Ці шумові сигнали піддаються обробці, яка включає фільтрацію, вимірювання або інші техніки для витягування випадкових значень.

АГВЧ широко використовується в криптографії, симуляціях, наукових дослідженнях, лотереях, моделюванні випадкових процесів та інших додатках, де потрібна випадковість і незалежність випадкових чисел.

Важливим аспектом АГВЧ є перевірка якості генерованих випадкових чисел. Це включає випробування статистичних властивостей, таких як рівномірність розподілу, незалежність, невизначеність та відсутність кореляції. Ці перевірки допомагають підтвердити, що генеровані числа є дійсно випадковими. [12].

## ВИСНОВКИ

Метою курсової роботи є розробка принципової електричної схеми ультразвукового дефектоскопа мобільної системи керування. Для вирішення поставленої задачі було проведено аналітичний огляд існуючих робіт та існуючих методів дефектоскопії за допомогою ультразвуку. Був обраний оптимальний метод, який задовольнив нас за всіма параметрами. Після цього були проведені розрахунки основних вузлів конструкції та описаний принцип роботи пристрою.

У першому розділі були розглянуті та описані теоретичні відомості про ультразвукові коливання, методи ультразвукової дефектоскопії, способи відображення отриманих даних після контролю.

Також були розглянуті види ультразвукових перетворювачів, принцип їх будови та принцип дії. Проведено аналіз існуючих сучасних приладів для пошуку дефектів ультразвуковими методами.

На базі вже існуючих вихрострумових бездротових пристроїв розроблено елементну схему ультразвукового дефектоскопа, за якою побудована функціональна та структурна схеми пристрою.

					<i>КБР.ЕС.19050036. 001. ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		38

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Новокрещенов, В. В. Неразрушающий контроль сварных соединений в машиностроении: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Новокрещенов, Р. В. Родякина; под научной редакцией Н. Н. Прохорова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 301 с.

2. Топіха, Д. О. Мобільний ультразвуковий дефектоскоп / Д. О. Топіха, В. Ф. Петрик // IV науково-практична конференція студентів і молодих учених «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання», м. Івано-Франківськ, 26-27 листопада 2013 р. — Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2013. — С. 175-176.

3. Основи ультразвукового неруйнівного контролю: Підручник/ В.К. Цапенко, Ю.В. Куц – К.: НТУУ «КПІ», 2010 – 448 с

4. Олександр Іванов «Метод ультразвуковой дефектоскопии»: [Електрон. ресурс]. – Дата доступа 11.05.13: <http://shop.nvdc.biz/?p=90>

5. Миргородський, О. О. Бездротова передача даних в задачах неруйнівного контролю та автоматизації / О. О. Миргородський, В. Ф. Петрик // XI Науково-практична конференція студентів та аспірантів «Погляд у майбутнє приладобудування», 15-16 травня 2018 р., м. Київ, Україна : збірник статей / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ. – Київ : Центр учбової літератури, 2018. – С. 438–440.

6. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике / Л. Бергман. – М. : Иностран. лит., 1957. – 726 с.

7. Дугін, О. Л. Мобільний вихрострумний дефектоскоп / О. Л. Дугін, О. Л. Кустовський, В. Ф. Петрик // XX-та Міжнародна конференція та виставка «Сучасні методи та засоби неруйнівного контролю та технічної діагностики», м. Гурзуф, 01 - 05 жовтня 2012 р. – Гурзуф : УІЦ «Наука. Техніка. Технологія», 2012.

8. Каталог радиолобительских схем <http://www.irls.narod.ru/rlbt/uzdef.htm>

9. Патент України на корисну модель UA 76830 U, G01N 27/00. Вихрострумний дефектоскоп / О.Л. Кустовський, О.Л. Дугін, В.Ф. Петрик. – № u201212788; заявл. 09.11.2012; опубл. 10.01.2013. – Бюл. № 1/2013.

										Арк
										39
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата						

10. Патент України на корисну модель UA 50968 U, G01N 29/24. Спосіб керування неруйнівного контролю об'єктів та речовин / О.Л. Кустовський, В.Ф. Петрик. – № u201000374; заявл. 15.01.2010; опубл. 25.06.2010. – Бюл. № 12/2010.

11. ADC08B200 / ADC08B200Q 8-Bit, 200 MSPS A/D Converter with Capture Buffer <https://datasheetspdf.com/pdf/631598/NationalSemiconductor/ADC08B200/1>

12. Ходнев Т.А. Обзор микроконтроллеров семейства STM32F4 [Електронний ресурс] / Ходнев Т.А.. – 2014. – Режим доступа до ресурсу: <http://fpga.in.ua/dsp/dsp-theory/obzor-mikrokontrollerov-semejstva-stm32f4.html>.

¶13. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ РЕЛЬСОВ - УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПЫ УРД-63 И УРДО-3

14. IRLML0100-DataSheet [https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IRLML0100-DataSheet-v01\\_02-EN.pdf?fileId=5546d462533600a4015356649d9225e8](https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IRLML0100-DataSheet-v01_02-EN.pdf?fileId=5546d462533600a4015356649d9225e8)

15. LMH6654, LMH6655 Single and Dual Low Power, 250 MHz, Low Noise Amplifiers <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lmh6654.pdf?ts=1682266818550>

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
4			КБР.ЕС.19050036. 001.СП	Специфікація		
4			КБР.ЕС.19050036. 001.ПЗ	Пояснювальна записка		
1			КБР.ЕС.19050036. 001.Е1	Структурна електрична схема		
4			КБР.ЕС.19050036. 001.Е2	Функціональна електрична схема		
1			КБР.ЕС.19050036. 001.Е3	Принципова електрична схема		
4			КБР.ЕС.19050036. 001.ПЕ	Перелік елементів		

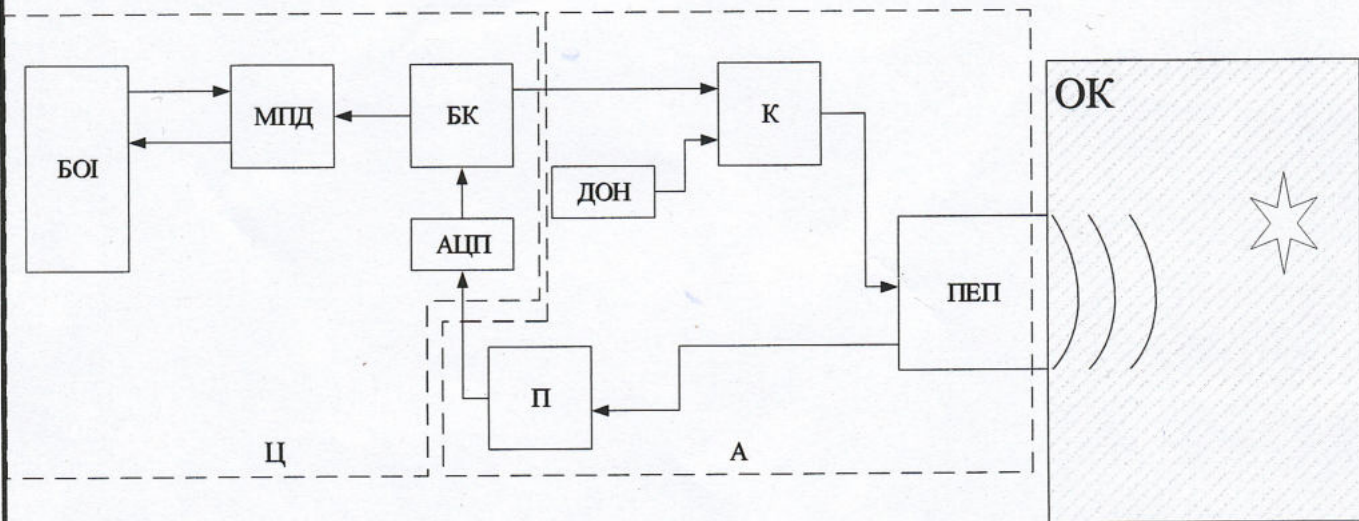
					КБР.ЕС.19050036.001. СП			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Ультразвуковий дефектоскоп мобільної системи контролю Специфікація	Літ.	Арк	Аркушів
Розроб.		Дорогі М.М.		15.06			1	1
Перев.		Юркін І.М.		15.06				
Т.конт								
Н.конт		Спесивих О.О.		15.06				
Затв.		Заяць Т.М.		15.06		УжНУ, ІТФ 4 курс гр. ЕС		

Позначення	Найменування	Кільк.	Примітки
	Танталові конденсатори "AVX" Type-A 10%		
C1,C31,C32	ТАJA105K035R	3	
C13,C16,C19, C21,C23	ТАJC106K035R	5	
	Конденсатори "MURATA" SMD 0603 1% по ряду E24		
C2	GRM1851XDC50V473BX7RL	1	
C3-C5, C8, C12, C38	GRM1851XDC50V102BX7RL	6	
C6, C10, C11, C39,C40	GRM1851XDC50V223BX7RL	5	
C7	GRM1851XDC50V10RBX7RL	1	
C9, C15, C17,C18 C20, C22, C25, C27, C28, C29, C30, C33, C34 C35, C36, C37	GRM1851XDC50V104BX7RL	16	
C14, C24, C26	GRM1851XDC50V106BX7RL	3	
C41, C42	GRM1851XDC50V22RBX7RL	2	
	Роз'єм USB		
CN1	ZX62D-AB-5P8, "Hirose Electric"	1	
	Мікросхеми		
DA1	AS1340ABTDT10, "AMS"	1	
DA2	LMH6658MAX/NOPB, "TI"	1	
DA3	TPS63001DRCR, "TI"	1	
DD1	ADC08B200, "TI"	1	
DD2	STM32F407VGT6, "STM"	1	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КБР.ЕС.19050036.001.ПЕ			
Розробив		Дорогі М.М	<i>[Signature]</i>	15.06	Ультразвуковий дефектоскоп Додаток А Перелік елементів	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Юркін І.М	<i>[Signature]</i>	15.06			1	3
Т.Контр.						УжНУ, ІТФ 4 курс, гр. ЕС		
Н.Контр		Слесивих О.О	<i>[Signature]</i>	15.06				
Затверд.		Заяць Т. М	<i>[Signature]</i>	15.06				







**BOI – блок обробки інформації.**

**МПД – модуль передачі даних.**

**БК – блок керування.**

**АЦП – аналого-цифровий перетворювач.**

**П – підсилювач.**

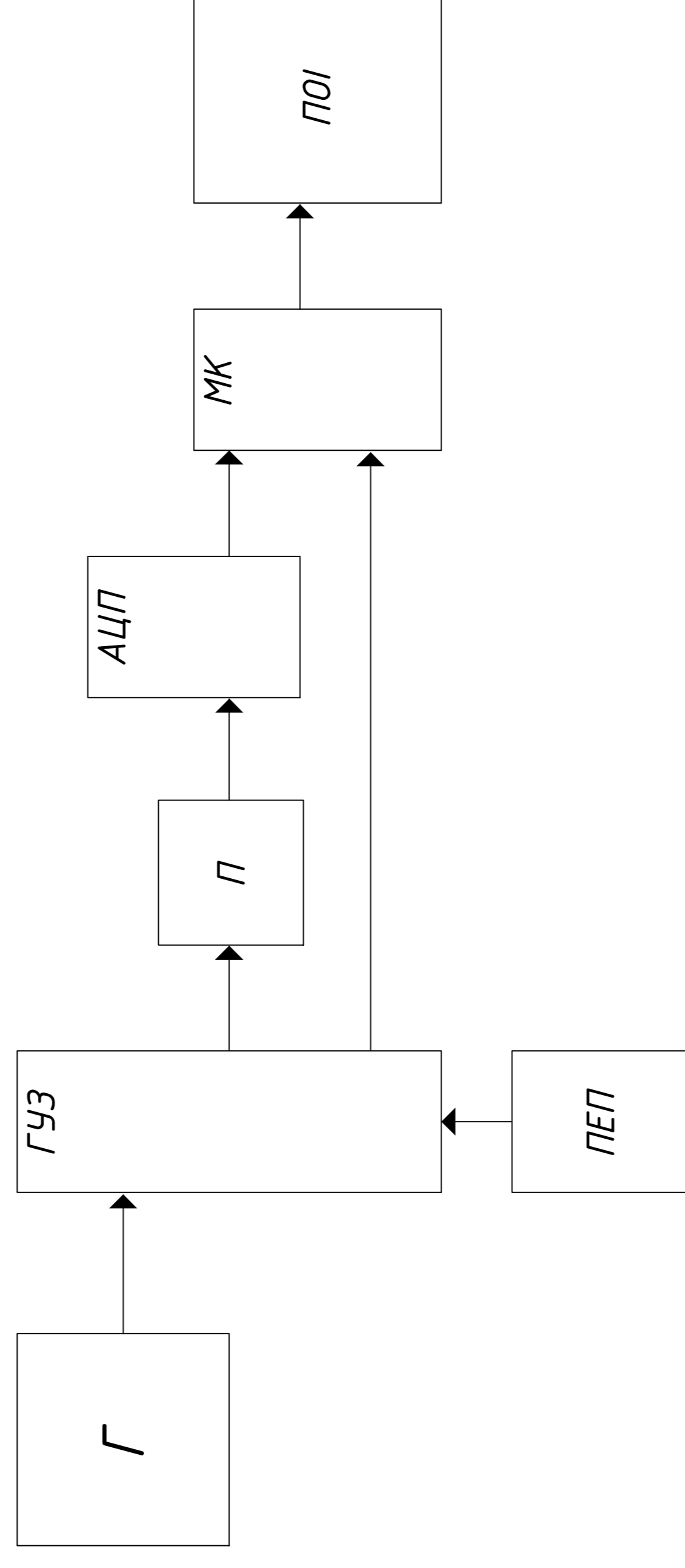
**ДОН – джерело опорної напруги.**

**К – ключ.**

**ПЕП – п'єзо електричний перетворювач.**

**ОК – об'єкт контролю.**

					<b>КБР.ЕС.19050036.001.ФС</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Ультразвуковий дефектоскоп Функціональна схема</b>	Літ.	Маса	Масшт.
Розробив		Дорогі М.М	<i>[Signature]</i>	15.06				
Перевірів		Юркін І.М	<i>[Signature]</i>	15.06				
Т.Контр.						Аркуш	Аркушів	
Н.Контр		Спесивих О.О	<i>[Signature]</i>	15.06		<b>УжНУ, ІТФ</b>		
Затверд.		Заяць Т.М	<i>[Signature]</i>	15.06	<b>Додаток В</b>	4 курс, гр. ЕС		



Г - генератор

ГУЗ - генератор ударного збудження

ПЕП - П`єзоелектричний перетворювач

П - підсилювач

АЦП - аналогово-цифровий перетворювач

МК - Мікроконтролер

ПОІ - Пристрій обробки інформації

КБР 19050036.001 Е1		Лист	Маса	Масштаб
Ультразвуковий дефектоскоп		Дата	1:1	Т
Структурна схема		Архив	Т	Архив
Знак	№ докум.	Лист	Дата	Т
Розроб	Варіант	М.П.		
Перевірив	Варіант	М.П.		
Н.контр.	Спеціальн. О.О.			
Затверд.	Затв. Т.М.			



Додаток 1

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

Заєць Л. М.

Студента (-ки) IV курсу  
спеціальності 171 Електроніка  
Дорош М. М.  
(прізвище, ініціали)

## ЗАЯВА

щодо самостійного виконання  
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Дорош Михайло Михайлович  
(прізвище, ім'я, по батькові),

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

заявляю: моя письмова робота на тему: "Ультразвуковий дефектоскоп мобільної системи контролю"

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

Мішко  
Підпис

Додаток 2.

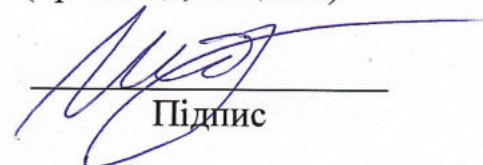
**ДОВІДКА**  
про результати перевірки на унікальність  
кваліфікаційної, навчальної (курсової) роботи

Автор роботи	Юркін Михайло Михайлович
Назва роботи	Цифровий детектор мобільної системи контролю
Спеціальність	171 Електроніка
Курс	IV
Факультет	Інженерно-технічний
Кафедра	Електронні системи
Керівник роботи	Юркін Віктор Михайлович
Роботу перевірено в програмі	Unicheck
Додано до бази даних	
Ідентифікаційний номер роботи	КВР. ЕС. 19050036.001. ПЗ
<b>Результати перевірки</b>	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНУЗ УжНУ	
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	76,9

Відповідальна особа/  
Науковий керівник роботи

16.06.23  
Дата

Юркін І.М.  
(прізвище, ініціали)

  
Підпис

Ім'я користувача:  
приховано налаштуваннями конфіденційності

ID перевірки:  
1015624271

Дата перевірки:  
16.06.2023 11:46:49 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
16.06.2023 11:49:40 EEST

ID користувача:  
100006217

Назва документа: 2023\_КБР\_Дорогі\_Михайло\_Михайлович

Кількість сторінок: 38 Кількість слів: 6469 Кількість символів: 47365 Розмір файлу: 916.89 KB ID файлу: 1015271272

## 23.1% Схожість

Найбільша схожість: 15.4% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1000054977)

21.9% Джерела з Інтернету

28

Сторінка 40

21.4% Джерела з Бібліотеки

21

Сторінка 40

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

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

Замінені символи

45