



**Методи і засоби
неруйнівного контролю**

Прийнято 01.04.2026. Прорецензовано 04.05.2026. Опубліковано 30.05.2026.

УДК 621.317.44

DOI: 10.31471/1993-9981-2026-1(56)-13-22

**МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ ТА ОБРОБКИ
СИГНАЛІВ ФАЗОІМПУЛЬСНОГО ФЕРОЗОНДУ****Корнев І. К.**

Аспірант

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

61002, вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна

<https://orcid.org/0009-0005-8106-1757>

e-mail: Ivan.Korniev@infiz.khpi.edu.ua

Хомяк Ю. В.

Кандидат технічних наук, доцент

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

61002, вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-6998-8393>

e-mail: Yurii.Khomiak@khpi.edu.ua

Анотація. У статті розглянуто розроблення та дослідження мікропроцесорного пристрою обробки сигналів фазоімпульсного ферозонду, призначеного для вимірювання слабких та середніх магнітних полів у задачах інформаційно-вимірвальних технологій і неруйнівного контролю. Основою роботи пристрою є фазоімпульсний принцип перетворення, що полягає у вимірюванні часової різниці між моментами насичення феромагнітного сердечника при протилежних напрямках збуджувального магнітного поля. Такий підхід забезпечує зниження впливу амплітудних нестабільностей збуджувального сигналу та підвищення завадостійкості вимірвального каналу. Описано структуру ферозонду, електронну схему та алгоритм роботи мікропроцесорного блока, реалізованого на основі мікроконтролера ATmega32. Мікропроцесорний пристрій забезпечує формування збуджувального сигналу, вимірювання часових інтервалів фазоімпульсного сигналу, цифрову обробку результатів, усереднення вимірювань та індикацію результатів у реальному часі. Застосування цифрової обробки сигналів дозволило підвищити метрологічну стабільність системи та спростити процедуру калібрування. Наведено результати експериментальних досліджень, які підтверджують лінійну залежність інформаційного параметра від напруженості зовнішнього магнітного поля в робочому діапазоні вимірювань. Встановлено оптимальні режими роботи ферозонду за частотою та струмом збудження, що забезпечують максимальну чутливість і стабільність вимірювань. Показано, що запропонований мікропроцесорний пристрій може бути використаний як самостійний вимірвальний модуль або як складова частина комп'ютеризованих систем контролю магнітних полів і магнітних властивостей матеріалів. Отримані результати свідчать про перспективність використання фазоімпульсних ферозондів у сучасних мікропроцесорних

Запропоноване посилання: Корнев, І. К. & Хомяк, Ю. В. (2026). Мікропроцесорний пристрій вимірювання та обробки сигналів фазоімпульсного ферозонду. *Методи та прилади контролю якості*, 1(56), 13-22. doi: 10.31471/1993-9981-2026-1(56)-13-22

* Відповідальний автор



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

системах магнітометричного контролю, де важливими є висока точність, швидкодія та стійкість до зовнішніх завад.

Ключові слова: неруйнівний контроль, вимірювання, дефектоскопія, ферозонд, фазоімпульсний принцип, магнітне поле, мікроконтролер.

Вступ

Сучасні вимірювальні технології вимагають сенсорів із високою чутливістю, стабільністю та низьким енергоспоживанням. У дослідженнях магнітних полів та неруйнівному контролі значне поширення отримали ферозонди – прилади, чутливі до векторних складових магнітного поля.

Фазоімпульсний принцип перетворення базується на часовій різниці моментів насичення феромагнітного сердечника під дією зовнішнього поля, що забезпечує високу точність вимірювань і стійкість до завад.

Попередні дослідження [1–5] показали перспективність фазоімпульсних ферозондів у поєднанні з цифровими системами обробки сигналів.

Мета роботи – розробити мікропроцесорний пристрій обробки сигналу ферозонду, що реалізує фазоімпульсний принцип вимірювання магнітного поля, а також експериментальне дослідження його метрологічних характеристик.

Основна частина

Робота ферозонду базується на вимірюванні часової різниці $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$ між моментами насичення феромагнітного сердечника при протилежних напрямках збуджувального поля. Теорію роботи фазоімпульсного ферозонду досить докладно описано в роботі [1].

Принцип дії ферозонду пояснюється часовою діаграмою, наведеною на рис. 1. Сигнал вимірювальної обмотки u_1 має складну форму, яка зумовлена нелінійними процесами намагнічування, перемагнічування та насичення феромагнітного сердечника. У випадку відсутності зовнішнього магнітного поля часові інтервали τ_1 та τ_2 є рівними, оскільки процеси насичення відбуваються симетрично відносно нульового рівня. Однак за наявності зовнішнього магнітного поля $H_x \neq 0$ симетрія порушується, що призводить до зсуву моментів насичен-

ня сердечника та появи різниці між часовими інтервалами $\Delta\tau \neq 0$ [1]. Таким чином, величина $\Delta\tau$ є безпосередньо пов'язаною з напруженістю зовнішнього магнітного поля і може бути використана як інформаційний параметр вимірювання. Для підвищення зручності подальшої обробки та реалізації цифрових методів аналізу доцільно формувати сигнал u_2 , який має імпульсний характер і може бути безпосередньо оброблений цифровими засобами, зокрема мікропроцесорними системами.

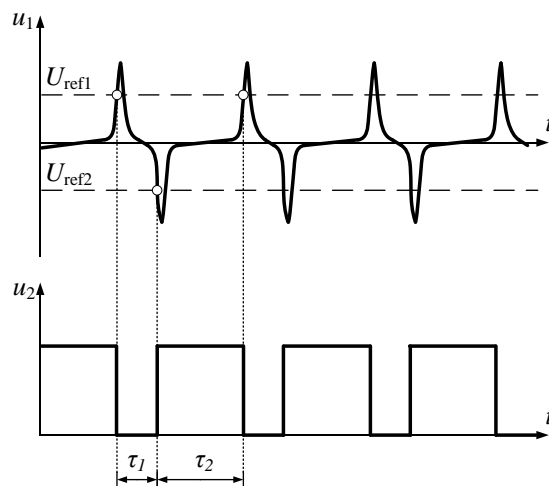


Рисунок 1 – Часова діаграма вихідного сигналу фазоімпульсного ферозонду

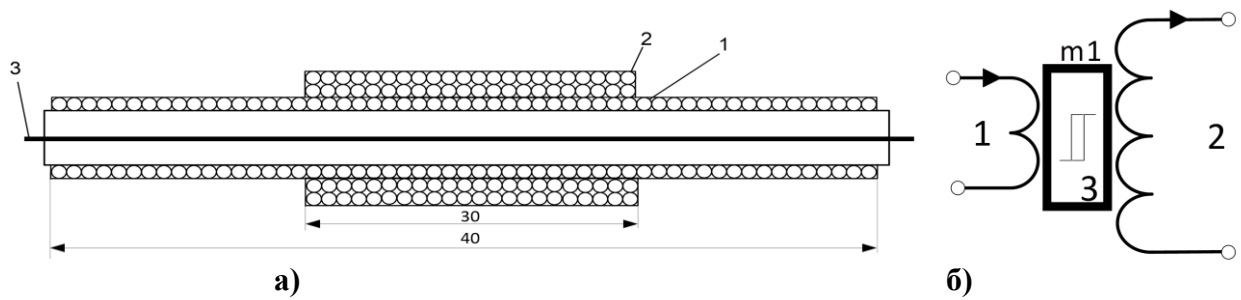
У роботі [1] розглянуто питання збудження такого ферозонду як гармонійним так і трикутним струмом. Більш зручним з боку перетворювальної характеристики є саме сигнал трикутної форми. Інформаційний параметр для трикутного сигналу збудження ферозонду визначається залежністю (1):

$$\Delta\tau = \frac{4H_x}{\beta}, \tag{1}$$

де H_x – зовнішнє магнітне поле;

β – нахил трикутного сигналу збудження.

Функція чутливості визначається виразом:



а – конструкція, б – схема

Рисунок 2 – Однострижневий ферозонд

$$S = \frac{1}{H_e f}, \quad (2)$$

де f – частота сигналу збудження;

H_e – амплітуда поля збудження [1].

Залежність (2) показує, що чутливість ферозонду зростає зі зменшенням частоти та амплітуди збудження, однак при цьому необхідно враховувати обмеження, пов'язані зі стабільністю режиму насичення сердечника та впливом шумів. Тому практична реалізація фазоімпульсного ферозонду потребує вибору оптимального компромісу між чутливістю, стабільністю та швидкодією вимірювальної системи.

Отже, фазоімпульсний ферозонд реалізує ефективний метод перетворення магнітного поля у часові інтервали, що створює сприятливі умови для використання цифрових методів обробки сигналів і мікропроцесорних пристроїв у сучасних інформаційно-вимірювальних системах.

Ферозонд (рис. 2) складається з феромагнітного стрижня 3 з двома обмотками – збудження 1 та вимірювальною 2. Обмотка збудження має 360 витків дроту $\varnothing 0,1$ мм, вимірювальна – 1800 витків $\varnothing 0,07$ мм.

Структурна схема мікропроцесорного ферозонду показана на рис. 3. Генератор 1 виробляє трикутний збуджувальний струм із заданими амплітудою та частотою. До вимірювальної обмотки ферозонда 2 підключено підсилювач сигналу 3, що подається на компаратор 4. Цифрова частина на мікроконтролері 5 обробляє сигнал та видає покази на індикаторі 6.

Для проведення досліджень було обрано елементи схеми. По-перше, мікроконтролер ATmega32, який є КМОП 8-розрядний мікроконтролер на основі AVR розши-

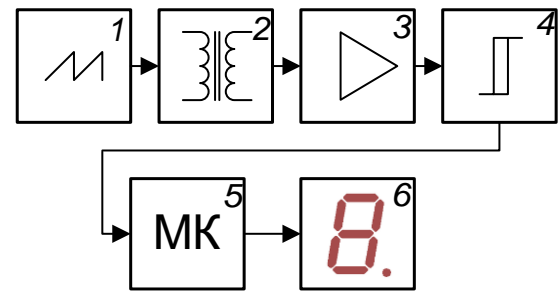


Рисунок 3 – Структурна схема пристрою

реної RISC архітектури, з низьким енергоспоживанням. При виконанні потужних команд в один цикл, ATmega32 досягає продуктивності 1 MIPS на 1 МГц, дозволяючи розробникам систем оптимізувати енергоспоживання залежно від швидкості обробки.

Вхідна електронна частина пристрою містить підсилювач на ОП TL072, компаратор LM311, що показано на рис. 4. Зовнішній вигляд робочої плати наведено на рис. 5

Ступінь підсилення встановлюється потенціометром R5, резистор R2 забезпечує зсув рівнів компаратора відносно «нуля» сигналу. Коло з підсилювачем DA1.1 формує віртуальну середню точку схеми. Параметри спрацювання компаратора на мікросхемі DA2 задаються відповідно: R8 – поріг спрацювання, R11 – глибина зворотного зв'язку.

Вихідний сигнал компаратора подається на цифровий блок. Цифровий блок складається з мікроконтролера та індикатора, і виконує вимірювання інтервалів часу Δt , їх усереднення та виведення результатів на рідкокристалічний (РК) дисплей WH1602B.

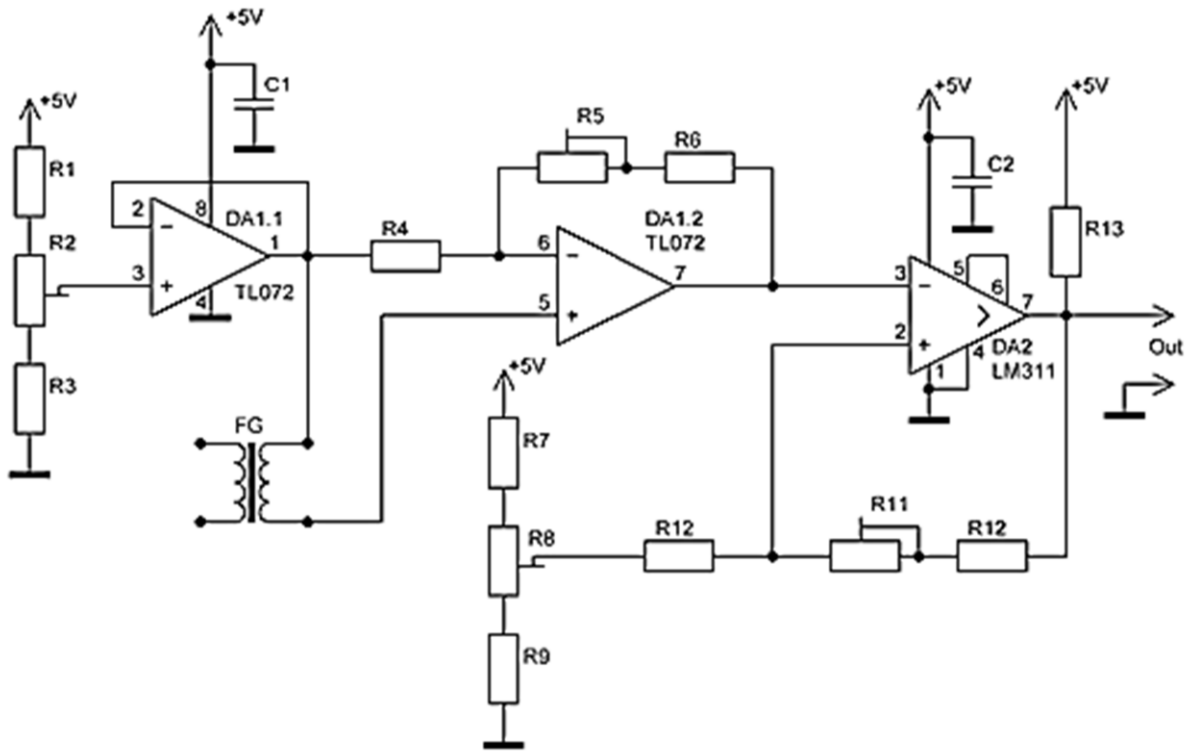


Рисунок 4 – Принципова схема підсилювача та компаратора

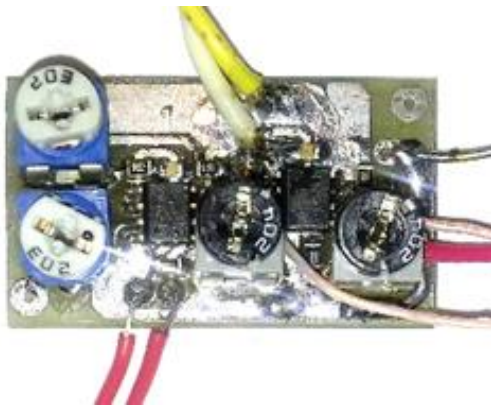


Рисунок 5 – Плата підсилювача та компаратора

Щодо роботи схеми підсилювача з компаратором. Їх задача підсилити сигнал вимірювальної обмотки ферозонду та зафіксувати характерні точки сигналу (компаратор перемикається у при відповідних рівнях сигналу) що дозволяє сформувати прямокутний сигнал що відповідає співвідношенню Δt .

Розроблена схема цифрового блоку ферозонду наглядно показує, як саме працює даний блок, а також зв'язки з основними складовими даної конструкції, зображено на рис.6.

Головним елементом даної схеми є мікроконтролер, який забезпечує правильну й злагоджену роботу магнітометра. В подальшому було написано програму для роботи мікроконтролера.

В даній схемі кварцовий резонатор ZQ1 забезпечує стабілізацію частоти тактового генератора мікроконтролера. Для коректування ланцюгів резонатора використовуються конденсатори C4, C5.

У той же час, стабілізацією напруги живлення керує стабілізатор, який позначений на схемі як DA1. Для більш злагодженої роботи використовують конденсатори C1, C2, C3, які виконують функцію згладжування пульсацій напруги ланцюгів живлення. Резистор R2 допомагає налагодити контраст індикатора.

Відповідно до схеми на рис. 6 було вироблено друковану плату, розробка якої відбувалася в програмі Sprint-Layout. Плата має розміри по довжині 131 мм, та по ширині 64 мм. 1 – АТmega32, індикатор – 2, плата – 3, конденсатори – 4, стабілізатор напруги лінійний – 5, вхід живлення – 6, кварцовий резонатор – 7, світлодіод – 8, кнопка скидання – 9, резистор – 10.

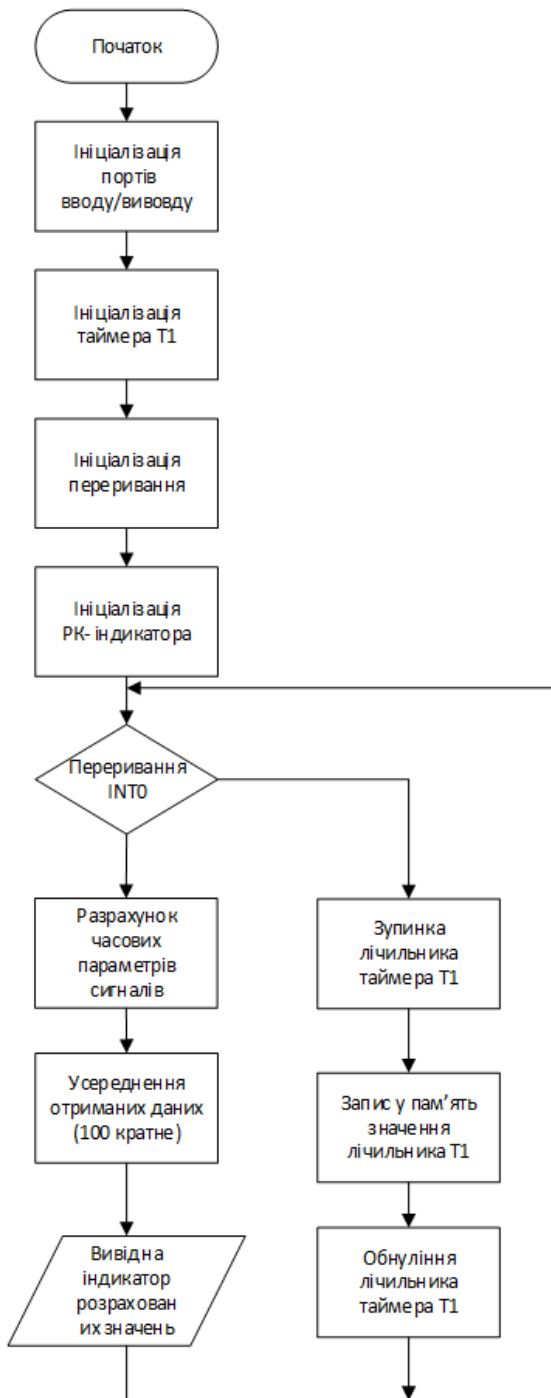


Рисунок 8 – Структура алгоритму

Наступним кроком є ініціалізація системи зовнішніх переривань, зокрема переривання INT0. Вхід INT0 підключений до виходу компаратора аналогового блока, що формує фазоімпульсний сигнал. Переривання налаштовується на спрацювання по заданому фронту сигналу, який відповідає моменту досягнення стану насичення феромагнітного сердечника. Таким чином, кожне спрацювання INT0 фіксує ключовий момент вимірювального процесу.

Після цього виконується ініціалізація РК-індикатора, яка включає встановлення режиму передачі даних, очищення дисплея та підготовку його до відображення числової інформації. Індикатор використовується для виводу обчислених часових параметрів або їх усереднених значень, що забезпечує наочний контроль результатів вимірювання без необхідності підключення зовнішніх обчислювальних засобів.

Після завершення етапу ініціалізації мікроконтролер переходить до основного циклу програми, у якому постійно здійснюється перевірка стану переривання INT0. Якщо зовнішнє переривання не відбулося, програма виконує розрахунок часових параметрів фазоімпульсного сигналу на основі раніше збережених значень таймера. Отримані значення накопичуються у внутрішніх змінних та підлягають усередненню за фіксованою кількістю циклів (100 вимірювань). Такий підхід дозволяє зменшити вплив випадкових завад, джерелу сигналу та нестабільності аналогової частини.

Після завершення процедури усереднення результати обчислень виводяться на РК-індикатор. Вивід здійснюється у циклічному режимі, що дозволяє оператору спостерігати поточні значення часових характеристик фазоімпульсного сигналу у реальному часі.

У випадку виникнення переривання INT0 виконується обробник переривання, який має мінімальний час виконання для зменшення затримок у вимірювальному процесі. У межах обробника здійснюється зупинка лічильника таймера Timer1 та зчитування поточного значення регістра лічильника. Зчитане значення зберігається у змінну пам'яті мікроконтролера як вимірний часовий інтервал. Після цього лічильник таймера обнуляється та знову запускається для наступного циклу вимірювання.

Завдяки такій організації алгоритму досягається чітке розділення функцій між основним циклом програми та обробником переривання. Основний цикл відповідає за обчислення, накопичення та індикацію результатів, тоді як обробник переривання виконує високоточну фіксацію часових па-

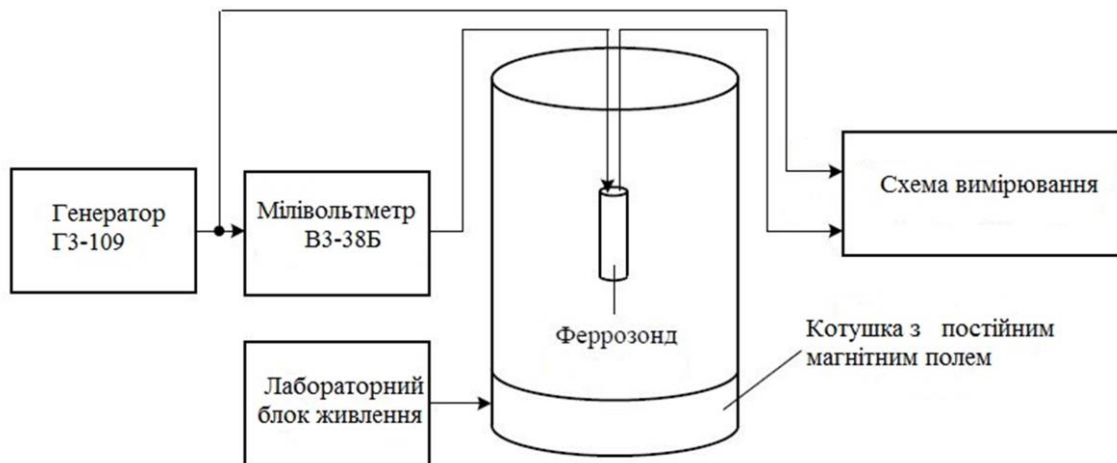


Рисунок 9 – Схема експерименту

раметрів фазоімпульсного сигналу. Це забезпечує стабільну роботу мікропроцесорного пристрою та високу точність вимірювань навіть за наявності завад у сигнальному каналі.

Результати досліджень

Для експериментального дослідження ферозондового датчика та визначення його основних параметрів використовувалася вимірювальна установка (рис. 8), до складу якої входила калібрувальна котушка, призначена для формування контрольованого постійного магнітного поля. Ферозонд розміщувався у геометричному центрі котушки, що забезпечувало однорідність магнітного поля в зоні розташування чутливого елемента. Живлення котушки здійснювалося від лабораторного блока живлення з можливістю плавного регулювання струму, що дозволяло точно задавати необхідні значення напруженості магнітного поля.

Для збудження ферозондового датчика використовувався генератор змінної напруги типу ГЗ-109 (рис. 9), який забезпечував формування стабільного гармонійного сигналу у широкому частотному діапазоні. Напруга генератора встановлювалася таким чином, щоб через збуджувальну обмотку ферозонда протікав струм величиною 25 мА, при цьому частота сигналу змінювалася в межах від 100 Гц до 1 кГц. Це дозволило дослідити вплив частоти збудження на чутливість ферозондового датчика.

Крім того, при фіксованому значенні частоти збудження, рівному 320 Гц, змінювали амплітуду напруги генератора таким чином, щоб струм, який протікав через ферозонд, змінювався в діапазоні від 5 мА до 100 мА. У результаті проведених вимірювань були отримані експериментальні залежності чутливості ферозонда від струму збудження, що дозволило визначити оптимальні режими його роботи.

Задання напруженості зовнішнього магнітного поля здійснювалося шляхом регулювання струму, що протікав через збуджувальну котушку. За допомогою лабораторного блока живлення створювалися значення напруженості магнітного поля в діапазоні від 25 А/м до 500 А/м. У цих умовах проводилися вимірювання часових параметрів фазоімпульсного сигналу, за результатами яких була побудована характеристика залежності інформаційного параметра Δt від напруженості зовнішнього магнітного поля.

У ході досліджень експериментальні вимірювання виконувалися для двох типів феромагнітних сердечників – пермалою та μ -металу. Порівняльний аналіз отриманих результатів дозволив виявити характерні закономірності впливу матеріалу сердечника на чутливість, лінійність та стабільність роботи ферозондового датчика. Виявлені закономірності відображені у відповідних експериментальних характеристиках.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження спрямовані на модернізацію мікропроцесорної частини, впровадження 32-бітних контролерів і розширення частотного діапазону.

Також планується розроблення програмного забезпечення для комп'ютерного моніторингу результатів і калібрування за допомогою еталонних магнітометрів.

Висновки

1. Розроблено мікропроцесорний пристрій обробки сигналів фазоімпульсного ферозонду, який реалізує фазоімпульсний принцип перетворення магнітного поля на часові інтервали. Запропонована конструкція забезпечує високу повторюваність вимірювань та стійкість до зовнішніх завад.

2. Показано, що застосування мікроконтролера ATmega32 дозволило реалізувати цифрову обробку сигналів, включаючи вимірювання часових інтервалів, фільтрацію, усереднення та формування результату у реальному часі. Це підвищило метрологічну стабільність пристрою та спростило конфігурацію вимірювального процесу.

3. Експериментальні результати засвідчили лінійну залежність інформаційного параметра Δt від магнітного поля H_x у діапазоні 25–500 А/м. Оптимальні режими досягаються при струмах збудження 20–50 мА та частотах 100–500 Гц, що підтверджує адекватність теоретичної моделі.

4. Встановлено, що мікропроцесорний принцип керування та аналізу сигналу забезпечує високу чутливість ферозонду, а також автоматичну компенсацію нестабільності збуджувального сигналу за рахунок цифрового контролю параметрів.

5. Розроблений пристрій може бути інтегрований у багатоканальні вимірювальні системи, стенди неруйнівного контролю та лабораторні комплекси для дослідження магнітних властивостей матеріалів, а також застосований у практичних задачах енергетичного та технічного діагностування.

Подяки

Відсутні.

Конфлікт інтересів

Відсутній.

Список використаних джерел

1. Крикун В. Р., Хомяк Ю. В., Корнєв І. К. Фазоімпульсний ферозонд для вимірювання магнітного поля. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. 2024. № 3 (21). С. 32–38. URL: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2024.03.05>
2. Корнєв І. К., Хомяк Ю. В. Комп'ютеризована система досліджень фазоімпульсного ферозонду. *Теоретичні та практичні дослідження молодих вчених* : матеріали XVIII Міжнар. наук.-практ. конф. магістрантів та аспірантів, Харків, 19–22 листоп. 2024 р. Харків : НТУ «ХПІ», 2024. С. 153.
3. Хомяк Ю. В., Корнєв І. К. Обробка сигналів фазоімпульсного ферозонду. *Автоматизація, електроніка, інформаційно-вимірювальні технології: освіта, наука, практика* : матеріали 5-ї Міжнар. наук.-техн. конф., Харків, 28–29 листоп. 2024 р. / голова оргком. Р. В. Кривобок ; НТУ «ХПІ». Харків : НТУ «ХПІ», 2024. С. 111–112. URL: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2024.03.05>
4. Корнєв І. К., Хомяк Ю. В. Автогенераторний режим роботи однострижневого ферозонду. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я = Information technologies: science, engineering, technology, education, health* : тези доп. 33-ї Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2025, Харків, 14–17 трав. 2025 р. Харків : НТУ «ХПІ», 2025. С. 635.

5. Корнєв І. К., Хомяк Ю. В., Познякова М. Є. Застосування персонального комп'ютера для проведення та обробки сигналу вихрострумowego контролю. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях.* 2024. № 2 (20). С. 24–29. URL: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2024.02.04>
6. Ripka P. *Magnetic sensors and magnetometers.* Boston : Artech House, 2001. 509 p.
7. Tumanski S. *Thin film magnetoresistive sensors.* Bristol : IOP Publishing, 2007. 244 p.
8. Ripka P., Janosek M. Advances in magnetic field sensors. *IEEE Sensors Journal.* 2010. Vol. 10, No. 6. P. 1108–1116. URL: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2010.2043429>
9. Pavelka R. Design and construction of fluxgate magnetometer for space research: Bachelor Thesis. Prague : Czech Technical University, 2011. 56 p. URL: <https://romanpavelka.cz/fluxgate.pdf>
10. Butta M., Ripka P. Fluxgate magnetometers and magnetic gradiometers. *Sensors and Actuators A: Physical.* 2020. Vol. 302. Art. 111823. URL: <https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.111823>
11. Narod B. B., Miles D. M. Copper permalloys for fluxgate magnetometer sensors. *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems.* 2024. Vol. 13. P. 131–145. URL: <https://doi.org/10.5194/gi-13-131-2024>

References

1. Krykun, V. R., Khomiak, Y. V., & Korniev, I. K. (2024). Fazoimpulsnyi ferozond dlia vymiriuvannya mahnitnoho polia [Phase-pulse fluxgate for magnetic field measurement]. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New Decisions in Modern Technologies,* (3), 32–38. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2024.03.05> (in Ukrainian)
2. Korniev, I. K., & Khomiak, Y. V. (2024). Kompiuterizovana systema doslidzhen fazoimpulsnoho ferozondy [Computerized system for phase-pulse fluxgate research]. In *Teoretychni ta praktychni doslidzhennia molodykh vchen* [Theoretical and practical research of young scientists: Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference of Undergraduate and Graduate Students] (p. 153). NTU "KhPI". (in Ukrainian)
3. Khomiak, Y. V., & Korniev, I. K. (2024). Obrobka syhnaliv fazoimpulsnoho ferozondy [Signal processing of phase-pulse fluxgate]. In R. V. Kryvobok (Ed.), *Avtomatyzatsiia, elektronika, informatsiino-vymiriuvalni tekhnologii: osvita, nauka, praktyka* [Automation, electronics, information and measurement technologies: education, science, practice: Proceedings of the 5th International Scientific and Technical Conference] (pp. 111–112). NTU "KhPI". <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2024.03.05> (in Ukrainian)
4. Korniev, I. K., & Khomiak, Y. V. (2025). Avtohenatornyi rezhym roboty odnostryzhnevoho ferozondy [Self-oscillating operation mode of a single-rod fluxgate]. In *Informatsiini tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnolochiia, osvita, zdorov'ia* [Information technologies: science, engineering, technology, education, health: Abstracts of the 33rd International Scientific and Practical Conference MicroCAD-2025] (p. 635). NTU "KhPI". (in Ukrainian)
5. Korniev, I. K., Khomiak, Y. V., & Pozniakova, M. Y. (2024). Zastosuvannya personalnoho kompiutera dlia provedennia ta obrobky syhnalu vykhrostrumovoho kontroliu [Application of a personal computer for conducting and processing eddy current testing signals]. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New Decisions in Modern Technologies,* (2), 24–29. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2024.02.04> (in Ukrainian)
6. Ripka, P. (2001). *Magnetic sensors and magnetometers.* Artech House.
7. Tumanski, S. (2007). *Thin film magnetoresistive sensors.* IOP Publishing.
8. Ripka, P., & Janosek, M. (2010). Advances in magnetic field sensors. *IEEE Sensors Journal,* 10(6), 1108–1116. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2010.2043429>

9. Pavelka, R. (2011). *Design and construction of fluxgate magnetometer for space research* (Bachelor's thesis, Czech Technical University). <https://romanpavelka.cz/fluxgate.pdf>
10. Butta, M., & Ripka, P. (2020). Fluxgate magnetometers and magnetic gradiometers. *Sensors and Actuators A: Physical*, 302, Article 111823. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.111823>
11. Narod, B. B., & Miles, D. M. (2024). Copper permalloys for fluxgate magnetometer sensors. *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, 13, 131–145. <https://doi.org/10.5194/gi-13-131-2024>

MICROPROCESSOR DEVICE FOR MEASURING AND PROCESSING PHASE-PULSE FLUXGATE SIGNAL

Kornev I. K.

PhD Student

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

61002, Kyrpychova St., 2, Kharkiv, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0005-8106-1757>

e-mail: Ivan.Korniev@infiz.khpi.edu.ua

Homyak Yu. V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

61002, Kyrpychova St., 2, Kharkiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-6998-8393>

e-mail: Yurii.Khomiak@khpi.edu.ua

Abstract. The paper presents the development and investigation of a microprocessor-based signal processing device for a phase-pulse fluxgate intended for measuring weak and medium magnetic fields in information-measuring technologies and non-destructive testing applications. The operating principle of the proposed device is based on phase-pulse conversion, which consists in measuring the time difference between the saturation moments of a ferromagnetic core under opposite directions of the excitation magnetic field. This approach significantly reduces the influence of excitation signal amplitude instability and improves the noise immunity of the measurement channel. The structure of the fluxgate sensor, the electronic circuitry, and the operating algorithm of the microprocessor unit implemented using an ATmega32 microcontroller are described. The microprocessor-based device provides excitation signal generation, measurement of time intervals of the phase-pulse response, digital signal processing, averaging of measurement results, and real-time data indication. The application of digital signal processing techniques enhances the metrological stability of the system and simplifies the calibration procedure. Experimental investigations confirmed a linear relationship between the information parameter and the external magnetic field intensity within the operating measurement range. Optimal operating modes of the fluxgate with respect to excitation frequency and current were determined, ensuring maximum sensitivity and measurement stability. It is shown that the proposed microprocessor-based device can be used either as a standalone measuring module or as part of computerized systems for magnetic field monitoring and investigation of magnetic properties of materials. The results obtained indicate the prospects for using phase-pulse ferroprobes in modern microprocessor-based magnetometric control systems, where high accuracy, speed, and resistance to external interference are important.

Key words: non-destructive testing, measurement, defectoscopy, fluxgate, phase-pulse principle, magnetic field, microcontroller