

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

ХОРКО ТАРАС ІВАНОВИЧ

УДК 519.21:612.13

**УЗГОДЖЕНА ФІЛЬТРАЦІЯ ПУЛЬСОВОГО СИГНАЛУ
НА ТЛІ ЗАВАД**

163 «Біомедична інженерія»

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль
2018

Роботу виконано на кафедрі біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри біотехнічних систем
Хвостівський Микола Орестович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук,
завідувач кафедри радіотехнічних систем
Дунець Василь Любомирович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 23 лютого 2017 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-507.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Дослідження пульсового сигналу людини, який відображає періодичне об'ємне коливання стінок судин під дією артеріального та венозного кровотоку, дає змогу оцінити стан судин людини та відстежити динаміку розвитку хвороби судин на початкових стадіях його розвитку.

Одним із методів, який уможливорює реєстрацію пульсового сигналу (ПС) є фотоплетизмографічний метод (ФМ), який базується на вимірюванні фотоприймачем інтенсивності відбитого від судин (артерій та вен) або пройшовшого через них розсіювання світлового потоку, що породжується джерелом світла. Застосування інформаційних систем, які реалізовані на ФМ, для задачі діагностування стану судин серцево-судинної системи дають позитивні результати (отриманні шляхом реєстрації ПС та подальшої його обробки), які відображаються у вигляді інформативних ознак як індикаторів стану судин.

Проте процес діагностування стану судин за ПС пов'язаний з проблемою виявлення малих за величиною ПС у суміші із завадами, які спричинені наведенням зовнішніх електромагнітних полів, електромережі з частотою 50Гц, напруги апаратури і впливом багатьох артефактів, які обумовлені рухи та дихання людини. Внаслідок цього морфологічні параметри пульсового сигналу (амплітуда, часові тривалості та інші) залежно від виду завади набувають різних значень і стають недостовірними для діагностування стану судин системи людини.

У відомих інформативних системах реєстрації та аналізу пульсового сигналу (ЭЛДАР (Росія), Endo-Pat2000, (Ізраїль), PulseTrace PCA2 (США), Senzio (Голандія) та інші) для боротьби із завадами застосовують метод усереднення, аналогову та цифрову фільтрації.

Метод усереднення пов'язаний з незручностями через об'єктивну і суб'єктивну втому пацієнта, а при аналоговій фільтрації коефіцієнт передачі, центральна частота і смуга пропускання абсолютно нестабільні, що неможна сказати про цифрову фільтрацію (ЦФ).

Тому розроблення методу оптимального виявлення пульсового сигналу у суміші із завад на базі цифрової фільтрації із підвищеною достовірністю прийнятого рішення є актуальною науковою роботою.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розроблення методу узгодженої фільтрації пульсового сигналу для оптимального його виявлення на тлі завад із підвищеною достовірністю прийнятого рішення.

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналіз відомих методів реєстрації та оптимального виявлення пульсового сигналу у суміші із завадами для обґрунтування напряму наукового дослідження.

2. Побудувати математичну модель пульсового сигналу для задачі його оптимального виявлення у на тлі завад.

3. Розробити метод узгодженої фільтрації пульсового сигналу як способу його оптимального виявлення на тлі завад та метод визначення достовірності прийнятого рішення.

4. Розробити програмне забезпечення оптимального виявлення пульсового

сигналу на тлі завад та метод визначення достовірності прийнятого рішення

5. Провести експериментальні дослідження над реалізаціями пульсових сигналів на тлі завад групи різних пацієнтів.

Об'єкт дослідження: процес оптимального виявлення пульсового сигналу на тлі завад із застосуванням узгодженої фільтрації та критерію Неймана-Пірсона.

Предмет дослідження: математична модель пульсового сигналу у вигляді адитивної суміші корисного сигналу та завади

Методи дослідження: теорія ймовірності, теорія прийняття рішення, програмне забезпечення MATLAB 7.0.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше на основі статистичного критерію Неймана-Пірсона та цифрової узгодженої фільтрації розроблено метод оптимального виявлення пульсового сигналу у суміші із завадами.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що розроблене програмне забезпечення для оптимального виявлення пульсового сигналу у суміші із завадами у складі інформативних системах реєстрації та аналізу пульсового сигналу.

Апробація. Викладені в дипломній роботі результати доповідалися і обговорювалися на IV науково-технічній конференції тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології» (м. Тернопіль, 2018р.).

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 113 сторінках, списку використаних джерел з 54 назв на 6 сторінках, додатків на 14 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 133 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі шляхом аналізу та порівняння відомих методів виявлення пульсового сигналу на тлі завад обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях.

У першому розділі «Відомі методи реєстрації та виявлення пульсового сигналу» проаналізовано наукові праці різних авторів, присвячені досліджуваній проблематиці.

Встановлено, що відомі методи виявлення пульсового сигналу на тлі завад потребують великої кількості реалізацій сигналу, що призводить до дискомфорту і перенапруги пацієнта та збільшення впливу дестабілізуючих факторів на результати вимірювань. Фільтрація сигналів на базі вейлет-перетворень, усереднення накопичених результатів реєстрації із розпізнаванням і відкиданням аномальних реалізацій дає можливість виділити інформативну складову пульсового сигналу за мінімальну кількість повторів реєстрації для кожного пацієнта. Оскільки відомі методи потребують мінімальну тривалість реєстрації пульсового сигналу, тому розроблення методу фільтрації, який дасть змогу за однією реалізацією оперативно і

точно із заданою достовірністю визначити тип пульсового сигналу є актуальною науковою задачею.

У другому розділі «Математична модель пульсового сигналу» обґрунтовано математичну модель пульсового сигналу для задач виявлення у вигляді адитивної суміші корисного сигналу та завади типу білого гаусівського шуму.

У третьому розділі «Метод узгодженої фільтрації пульсового сигналу» наведено структурну схему реєстрації пульсового сигналу. Для виявлення корисного пульсового сигналу у суміші із звад використано лінійний узгоджений фільтр, тому що:

1) Серед всіх лінійних фільтрів узгоджений фільтр дає змогу отримати на виході максимальне відношення пікового значення сигналу до середньоквадратичного значення шуму, яке рівне $\sqrt{2E/N_0}$, причому це значення не залежить від форми сигналу.

2) Корисний ПС на виході узгодженого фільтру співпадає з «кореляційною функцією» вхідного корисного шуму, і кореляційна функція вихідного шуму має вид «кореляційної функції» вхідного сигналу.

На базі теорії цифрової узгодженої фільтрації та статичного критерію прийняття рішення Неймана-Пірсона розроблено загальну структуру оптимального виявлення корисного ПС на тлі завад.

У четвертому розділі «Експериментальні дослідження процесу узгодженої фільтрації пульсового сигналу в середовищі MATLAB» розроблено метод оптимального та достовірного виявлення корисного пульсового сигналу на тлі завад на базі узгодженої цифрової фільтрації та критерію прийняття рішення Неймана-Пірсона. За допомогою програмного забезпечення Matlab і інтегрованої утиліти GUIDE створено програму із графічним інтерфейсом користувача для автоматичного виявлення корисного пульсового сигналу на тлі завад.

На рис.1 зображено результати роботи програми.

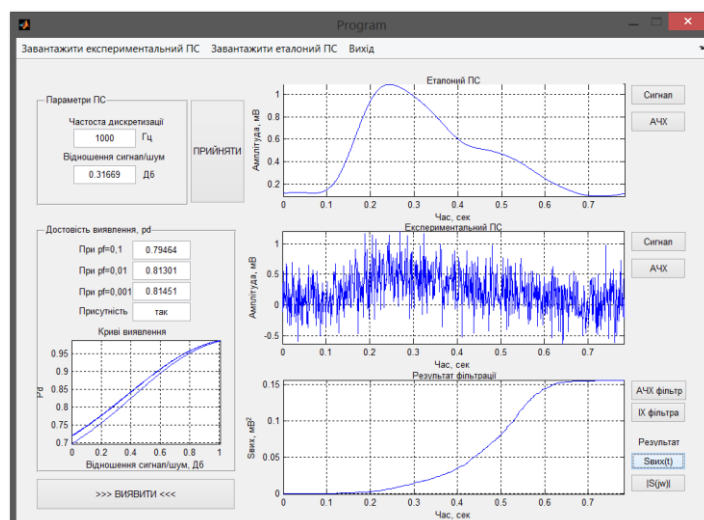


Рис. 1. Результат виявлення корисного ПС (норма) у експериментальному ПС (патологія)

Із рис. 1 можна сказати, що корисний пульсовий сигнал (без завад в стані норми) частково присутній у експериментальному сигналі в стані патології із достовірністю від 0,79464-0,81451, що додатково слугує показником відхилення патологічного сигналу від норми при проведенні процедури діагностування за однією реалізацією сигналу без застосування методів попереднього аналізу.

У даному випадку значення достовірності виступає як інформативний показник відхилення від еталонного сигналу, тобто чим ближче значення ρ_d наближається до 1, то відповідно, встановлюється факт присутності еталонного типу у експериментальному ПС, відомості про якого попередньо невідомі.

У **п'ятому розділі «Спеціальна частина»** описано метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень пульсового сигналу та проведено обґрунтування вибору Matlab як програмного забезпечення для розв'язання наукової задачі.

У **шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 58386,70 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

У **сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** сформульовано рекомендації щодо електробезпеки обслуговуючого персоналу при експлуатації системи реєстрації пульсового сигналу, які забезпечать безпечні умови праці при експлуатації приладу і тим самим мінімізують ризик ушкодження персоналу електричним струмом. Також проаналізовано заходи організаційно-технічного характеру протипожежного захисту на виробництві системи реєстрації пульсового сигналу, а також описано процедуру організації цивільного захисту на підприємствах, що випускають радіоелектронну медичну апаратуру.

У **восьмому розділі «Екологія»** встановлено, що при проведенні виробничих процесів монтажу і складання системи реєстрації пульсового сигналу застосовано технологічні методи і засоби, які створюють мінімальний вплив на навколишнє середовище

У **додатках** наведено тексти програм, розроблені для ПК на базі ОС Windows.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розв'язано актуальну наукову задачу розроблення методу узгодженої фільтрації пульсового сигналу для оптимального його виявлення на тлі завад із підвищеною достовірністю прийнятого рішення.

При цьому отримано такі результати:

1. У результаті проведеного порівняльного аналізу відомих методів реєстрації та оптимального виявлення пульсових сигналів у суміші із завадами встановлено, що виникає необхідність побудови оптимального фільтру, який би дав змогу за однією реалізацією виявити та оцінити сигнал.

2. Обґрунтовано модель пульсового сигналу у вигляді адитивної суміші корисного пульсового сигналу та завади типу білого гаусівського шуму, яка є придатною для задачі виявлення.

3. Розроблено метод оптимального виявлення пульсового сигналу у суміші із завадами та метод визначення достовірності прийнятого рішення на базі цифрової узгодженої фільтрації та статистичного критерію Неймана-Пірсона.

4. Розроблено програмне забезпечення оптимального виявлення пульсового сигналу у суміші із завадами та метод визначення достовірності прийнятого рішення на базі цифрової узгодженої фільтрації та статистичного критерію Неймана-Пірсона.

5. Проведено експериментальні дослідження над реалізаціями пульсових сигналів у суміші із завадами групи різних пацієнтів з метою тестування розробленого методу оптимального виявлення пульсового сигналу.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Хорко Т. Оптимальне виявлення пульсового сигналу на тлі завад / Т.Хорко, М.Хвостівська // Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 1 – 2 лютого 2018 р.). – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – С.17.

АНОТАЦІЯ

Хорко Тарас Іванович. Узгоджена фільтрація пульсового сигналу на тлі завад. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія», Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

У дипломній роботі магістра застосовано узгоджений цифровий фільтр для аналізу пульсового сигналу при його достовірному виділенні (виявленні) у суміші із завад. Поєднання цифрової узгодженої фільтрації із статистичним критерієм Неймана-Пірсона дало змогу побудувати метод достовірного виявлення за однією реєстрацією корисного пульсового сигналу на базі його математичну моделі у вигляді адитивної суміші дискретного корисного сигналу та завади типу білого гаусівського шуму.

Засобами програмного забезпечення Matlab розроблено програму із графічним інтерфейсом, яка дає змогу провести процес узгодженої фільтрації із метою їх виявлення корисного сигналу у суміш із завадами типу білого гаусівського шуму.

Ключові слова: пульсовий сигнал, завада, цифровий фільтр, узгоджена фільтрація, критерій Неймана-Пірсона, виявлення, білий гаусівський шум, математична модель, моделювання.

ANNOTATION

Horko Taras. Matched filtering of the pulse signal the background of obstacle. - The manuscript.

Master's diplom work on specialty 163 «Biomedical Engineering», Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2018.

In the Master's diplom work matched digital filter used to analysis the pulse signal when it is detected in authentic mix of noise. The combination of digital matched filtering of statistical criteria Neyman-Pearson made it possible to build a reliable detection method for registering a useful one pulse signal based on its mathematical model as a mixture of additive discrete signal type white noise and Gaussian noise.

Software tools developed Matlab GUI application that allows you to hold a matched filtering process in order to identify their signal into a mixture of hurt type of white Gaussian noise.

Keywords: pulse signal, noise, digital filter, matched filtering, criterion Neyman-Pearson, detection, white Gaussian noise, mathematical model, simulation.