

**Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя**

Сабітов Дмитро Маратович

УДК 57.089.2 – 004.891.3

**МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ
ЕЛЕКТРОКАРДІОЛОГІЧНИХ СИГНАЛІВ ПРИ ФІЗИЧНИХ
НАВАНТАЖЕННЯХ**

163 – Біомедична інженерія

Автореферат дипломної роботи магістра

Тернопіль – 2018

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

Керівник роботи: доктор технічних наук, професор,
професор кафедри радіотехнічних систем
Яворський Богдан Іванович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 26 грудня 2018 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. На сьогоднішній день електроміографічне (ЕМГ) дослідження є провідним неінвазійним методом оцінювання структурно-функціонального стану м'язів та діагностики нервово-м'язових захворювань.

Електроміографія (міо – м'язи і графо – пишу) базується на дослідженні біоелектричних потенціалів – електроміосигналів (ЕМС), що виникають в скелетних м'язах людини при порушенні м'язових волокон [1], зокрема їх нервово-м'язової активності.

Електроміографію як метод діагностики в медицині застосовують для виявлення рівня ураження нервово-м'язового апарату (з огляду на функціональну і структурну будову нервово-м'язової системи) [2], визначення місця ураження м'язів і нервів, визначення поширеності процесу (локальний, поширений або генералізований), визначення характеру ураження (аксональне, демієлінізуюче, змішане).

Окрім уточнення первинного характеру ушкодження м'язів, одним із головним завданням ЕМГ дослідження є – оцінювання структурно-функціонального стану скелетних м'язів та активності міодистрофічного процесу шляхом вивчення спонтанної активності (СА), параметрів потенціалів рухових одиниць (ПРО), ЕМГ максимального скорочення та порівняння цих показників з клінічним даними. Важливим і доцільним є визначення ЕМГ показників, які підтверджують клінічні дані стосовно показань чи протипоказань до оперативного втручання, в тому числі з використанням скелетних м'язів. З теоретичних позицій зрозуміло, що при показниках ЕМГ-дослідження, які свідчать про знижену функцію м'язів, їх використання в оперативному втручанні неможливе.

Розуміння та трактування результатів будь-якого ЕМГ дослідження лежить у площині вивчення параметрів потенціалів рухової одиниці, яка складається із альфа-мотонейрону, його аксону з множинними термінальними розгалуженнями, нервово-м'язового синапса та сукупності м'язових волокон, що іннервуються даним мотонейроном. Основним електрофізіологічним проявом активності рухової одиниці є потенціал, що формується усіма м'язовими волокнами, які входять до її складу. Цей потенціал прийнято називати потенціалом рухової одиниці (ПРО) [1-3]. До параметрів ПРО відносять тривалість, амплітуду та форму потенціалу. Саме їх аналіз є основою дослідження стану рухової одиниці.

Передумовою для проведення електроміографічного дослідження є наявність потужного арсеналу медико-діагностичної техніки. На ринку медичної техніки наявний широкий спектр КМС, зокрема Медикор МГ-440, Neuropack МЕВ-9404К, М-TEST (науково-виробниче підприємство DX-Системи, Україна, Харків), Agilent/HP 1510А (Гарленд, Техас, США) та інші.

Комп'ютерна міографічна система (КМС) уможливує процедуру вимірювання та оцінювання властивостей (статистик) ЕМС. В основі усіх КМС є математична модель ЕМС, яка в свою чергу визначає структуру методів оцінювання статистик досліджуваних сигналів як показників стану нервово-м'язової системи.

За результатами проведеного аналізу встановлено, що відомі математичні моделі ЕМС базуються на детермінованому та стохастичному підходах.

Детерміновані моделі ЕМС за структурою простіші, але вони не враховують притаманну міосигналу властивість випадковості, яка зумовлена природою його породження.

Стохастичні моделі ЕМС у вигляді стаціонарного випадкового процесу є найбільш поширеним ядром сучасних КМС. Результатом методів оцінювання при такому підході є математичне сподівання, дисперсія, кореляційна функція, спектр амплітудний та спектр потужності. Проте існуючі стохастичні моделі ЕМС не враховують у своїй структурі властивість повторюваності (циклічності), зумовлену циклічними процесами в організмі людини (дихання, серцебиття тощо) як єдиній системі.

Отже, обґрунтування адекватної математичної моделі ЕМС та удосконалення методів оцінювання його статистик для комп'ютерних міографічних систем з метою розширення можливостей своєчасної діагностики захворювань нервової-м'язової системи людини є актуальною науковою задачею.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження* є удосконалення методів оцінювання статистик електроміосигналу на базі адекватної математичної моделі для комп'ютерних міографічних систем.

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналіз відомих математичних моделей та методів оцінювання статистик електроміосигналів для обґрунтування напрямку наукового дослідження.
2. Побудувати математичну модель електроміосигналу, яка враховує у своїй структурі поєднання властивостей періодичності із випадковістю, для розв'язання задач своєчасного виявлення змін у функціонуванні периферичної нервової системи.
3. Удосконалити відомі методи шляхом обґрунтування нового статистичного методу оцінювання статистик електроміосигналу з метою розширення можливостей комп'ютерних міографічних систем.
4. Розробити програмне забезпечення для автоматизованих комп'ютерних електроміографів з метою діагностики стану периферичної нервової системи.
5. Провести експериментальні дослідження над електроміосигналівами пацієнтів станах норми та патології.

Об'єкт дослідження: процес оцінювання статистик електроміосигналу

Предмет дослідження: математична модель електроміосигналу для комп'ютерних міографічних систем.

Методи дослідження побудовано на базі енергетичної теорії стохастичних сигналів (ЕТСС), зокрема подання періодично корельованого випадкового процесу для обґрунтування математичної моделі електроміосигналу і методів оцінювання його параметрів. Для програмної реалізації алгоритмів опрацювання використано пакет прикладних програм MATLAB.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше на базі математичної моделі електроміосигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу опрацьовано його синфазним методом, що дало змогу розширити можливості оперативної діагностики стану серцево-судинної системи людини із використанням комп'ютерних систем діагностики стану серцево-судинної

системи шляхом впровадження в область електрокардіографії нового класу інформативних характеристик – спектральних компонент.

Апробація результатів дослідження. Викладені в дипломній роботі результати доповідалися і обговорювалися на X Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“ (м. Тернопіль, 2017 р.).

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 95 сторінках, списку використаних джерел на 8 сторінках, додатків на 14 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 116 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі шляхом аналізу та порівняння відомих методів та засобів оцінювання структурно-функціонального стану м'язів та діагностики нервово-м'язових захворювань 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 і семінарах.

У першому розділі «Аналіз відомих методів опрацювання біомедичних сигналів» проведено аналітичний огляд основних видів біомедичних сигналів та методів їх опрацювання. Проведено комплексного поглибленого аналізу існуючих систем обробки біосигналів та розроблено загальну структурно-функціональну модель системи обробки електрокардіосигналів.

У другому розділі «Цифрова фільтрація біомедичних сигналів» проведено аналіз існуючих способів фільтрації, які використовувались раніше чи використовуються наразі у медицині. Було проведено класифікацію фільтрів за їх імпульсними характеристиками.

Провівши порівняння всіх вищеописаних фільтрів, проаналізувавши їх характеристики при обробці біомедичних сигналів, для виконання обробки ЕКГ сигналу було обрано вейвлет-перетворення. Даний спосіб обробки сигналів показав себе якісно в роботах аналізу ЕЕГ сигналів та електроміограм. Застосування даного способу у ЕКГ також доволі поширене і саме на основі вейвлет-перетворення буде здійснюватись розробка алгоритмічного забезпечення.

У третьому розділі «Розробка алгоритмічного забезпечення» шляхом порівняння різних вейвлет-перетворень було обрано оптимальне. Окрім того було розроблено методику аналізу ЕКГ. Для перевірки працездатності створеної методики була використовувалась база ЕКГ Phisionet.

Як показав аналіз електрокардіограм людей з різними захворюваннями, методика розроблена в даному розділі має високу точність визначення P-QRS-T комплексів, що і вимагалось від методу.

Окрім того було обґрунтовано вибір масштабного коефіцієнта при неперервному вейвлет-перетворенні для визначення P, QRS і T зубців (15 масштаб для визначення QRS та 41 масштаб для визначення P і T зубців).

Також у даному розділі було проаналізовано існуючі методики очистки сигналів від шумів.

У четвертому розділі «Розробка програмного забезпечення» обґрунтовано вибір мови програмування для реалізації, а також охарактеризовано бібліотеку ECG C++ library на якій був побудований програмний додаток виділення основних параметрів ЕКГ-сигналу.

Перевірка результатів роботи здійснювалася на основі сигналів взятих з бази електрокардіограм Physionet. Наведені статистичні дані якості визначення QRS-комплекса, Р та Т зубців з точністю 98-99%.

Розроблений метод аналізу ЕКГ-сигналів на основі вейвлет-перетворення дозволяє очистити кардіосигнал від шумів без втрати інформації.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано методику дослідження електричної активності серця.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 40273,08 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються 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» розглянуто питання створення сприятливих умов праці і правильне естетичне оформлення робочих місць має велике значення як для полегшення праці, так і для підвищення привабливості, позитивно впливаючою на продуктивність праці.

У восьмому розділі «Екологія» проаналізовано методи екологічної статистики, які широко використовуються для діагностики стану довкілля, при вивченні причинно-наслідкового механізму формування варіації та динаміки екологічних явищ і процесів, у моніторингу навколишнього природного середовища, при прогнозуванні стану екологічних процесів і ситуацій та прийнятті оптимальних управлінських рішень. Також у розділі описано статистику екологічних показників.

У додатках наведено тексти програм, розроблені для ПК (ОС Windows XP).

ВИСНОВКИ

1. В ході виконання магістерської роботи було досліджено проблему обробки та аналізу біомедичних сигналів, розглянуто найпоширеніші біосигнали, способи їх обробки. Окрім того було визначено найважливіші параметри електрокардіограм. Такими параметрами є: зсув, пік, початок, Р та Т зубці та QRS-комплекс.

2. Основна ідея даної роботи полягала у розробці нової методики обробки певного типу біосигналів з метою покращення якості вже існуючих алгоритмів. Було обґрунтовано вибір ЕКГ-сигналу для подальшої роботи з ним.

3. При створенні методики обробки сигналу було обґрунтовано вибір типу вейвлет-перетворення та базисного вейвлету для аналізу кардіосигналів (неперервне вейвлет-перетворення з використанням базиса «bior1.5»). Також було обґрунтовано вибір масштабного коефіцієнта при неперервному вейвлет-перетворенні для

визначення Р та Т зубців і QRS комплексу (15 масштаб для визначення QRS-комплексу та 41 масштаб для визначення Р і Т зубців).

4. У роботі було вдосконалено метод визначення Р-QRS-Т зубців: запропоновано порогове значення та використання апроксимації сигналу в областях QRS-комплексу з метою підвищення точності визначення Р та Т зубців. Окрім того було обґрунтовано вибір типу та методу вейвлет-трешолдингу (локальний багаторівневий жорсткий трешолдинг з використанням метода Берга-Массара і вейвлета «db4» на четвертому рівні розкладу в якості базиса).

5. Розроблений метод аналізу ЕКГ-сигналів на основі вейвлет-перетворення дозволяє очистити кардіосигнал від шумів без втрати інформації. За допомогою методу можна знайти дев'ять важливих точок кардіосигналу з точністю 98-99%. Запропонований метод значно покращує точність визначення Р та Т зубців.

6. Результатом виконання даної роботи є метод виділення основних параметрів кардіосигналу. Розроблений програмний додаток дозволяє виділити з вхідного сигналу важливі параметри електрокардіограми.

7. Розробка даної методики дозволить значно полегшити роботу над обробкою ЕКГ-сигналів.

АНОТАЦІЯ

Сабітов Дмитро Маратович. Методи контролю параметрів електрокардіологічних сигналів при фізичних навантаженнях. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 163 – біомедична інженерія, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Дипломну роботу магістра присвячено проблемі обробки та аналізу біомедичних сигналів, розглянуто найпоширеніші біосигнали, способи їх обробки. Окрім того було визначено найважливіші параметри електрокардіограм.

Основна ідея даної роботи полягала у розробці нової методики обробки певного типу біосигналів з метою покращення якості вже існуючих алгоритмів.

Розроблений метод аналізу ЕКГ-сигналів на основі вейвлет-перетворення дозволяє очистити кардіосигнал від шумів без втрати інформації.

Результатом виконання даної роботи є метод виділення основних параметрів кардіосигналу. Розроблений програмний додаток дозволяє виділити з вхідного сигналу важливі параметри електрокардіограми.

Розробка даної методики дозволить значно полегшити роботу над обробкою ЕКГ-сигналів.

Ключові слова: електрокардіосигнал, вейвлет-перетворення, QRS-комплекс.

SUMMARY

Sabitov D. The methods of the electrocardiographic signals parameters control during the physical activity. – Manuscript.

Master's thesis work on specialty 163 – biomedical engineering, Ternopil National Technical University named after Ivan Pul'uj, 2018.

The master's thesis is devoted to the problem of processing and analyzing biomedical signals; the most common types of biosignals and their processing methods are considered. In addition, the most important parameters of electrocardiograms were determined. The main idea of this work was to develop a new method for processing a certain type of biosignals in order to improve the quality of existing algorithms. The developed method for analyzing ECG signals based on the wavelet transform allows you to clear the cardiosignal noise without losing information. The result of this work is a developed method for extracting the main parameters of the cardio signal. The software application used in the work allows you to select from the input signal important parameters of the electrocardiogram. The development of this technique will greatly facilitate the work on the processing of ECG signals.

Keywords: electrocardiogram, wavelet transform, QRS complex.