

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

БІЙЧУК РОМАН МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 611.73:611.83.519.23

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ СТАТИСТИК
ЕЛЕКТРОМІОСИГНАЛУ У КОМП'ЮТЕРНИХ МІОГРАФІЧНИХ
СИСТЕМАХ**

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
Шадріна Галина Михайлівна,
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 22 лютого 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, 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), 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 МG-440, Neuropack МЕВ-9404К, М-TEST (науково-виробниче підприємство DX-Системи, Україна, Харків), Agilent/HP 1510A (Гарленд, Техас, США) та інші.

Комп'ютерна міографічна система (КМС) уможливорює 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 електроміосигналами пацієнтів в 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). Для програмної реалізації використано пакет прикладних програм MATLAB.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше обґрунтовано математичну модель електроміосигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, що дало змогу одночасно врахувати в одній математичній структурі періодичність та випадковість, чим підвищено інформативність оцінювання статистик електроміосигналу в комп'ютерних електроміографах.

2. Вперше застосовано нові в області діагностики стану периферичної нервової системи нові інформативні ознаки електроміосигналу, що ними є

кореляційні компоненти, які адекватно відповідають стану периферичної нервової системи.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що розроблене програмне забезпечення дає змогу автоматизовано оцінювати електроміосигнали у складі комп'ютерних електроміографів.

Апробація. Викладені в дипломній роботі результати доповідалися і обговорювалися на X Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“ (25-26 квітня 2017 року) та XX науковій конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (17-18 травня 2017 року).

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 107 сторінках, списку використаних джерел з 72 назви на 6 сторінках, додатків на 19 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 132 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** шляхом аналізу відомих математичних моделей та методів оцінювання електроміосигналів сформовано актуальність роботи, 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.

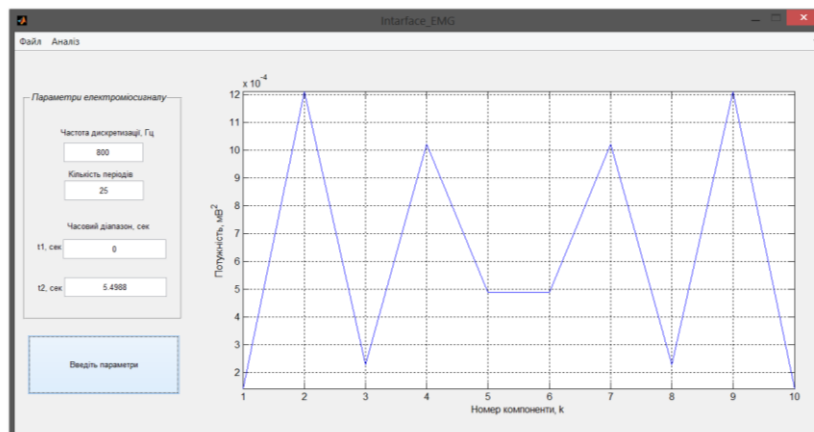
У **першому розділі «Огляд відомих методів оцінювання статистик електроміосигналів»** проаналізовано наукові праці різних авторів, присвячені досліджуваній проблематиці.

Подано нейрофізіологічні основи електроміографічного методу дослідження, основні принципи реєстрації електроміосигналів, а також виділено загальні принципи оцінювання електроміосигналів та методи спектрального оцінювання. З приведених вище матеріалу, можна виділити один факт про те, що на сьогодні усі методи оцінювання електроміосигналів базуються на математичній моделі електроміосигналу у вигляді стаціонарного випадкового процесу. Проте ця модель є хибною, тому що електроміосигнал характеризується певною повторюваністю та випадковістю, що свідчить про наявність періодичної нестационарності процесу. Тому розроблення нової математичної моделі та методів оцінювання електроміосигналу, які мають змогу враховувати у своїй структурі періодичність та випадковість (зокрема не стаціонарність) є актуальною науковою задачею.

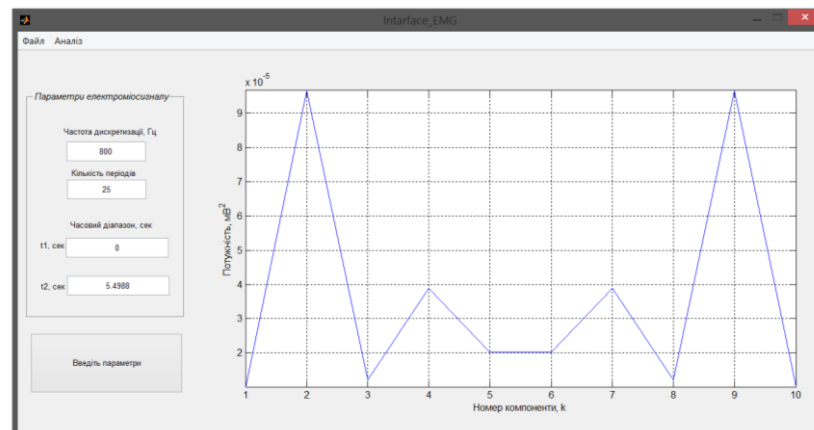
У **другому розділі «Математична модель електроміосигналу»** за результатами оцінювання властивостей електроміосигналу зі стороною детермінованого та стохастичного підходів та властивостями періодично корельованих випадкових процесів встановлено, що математична модель процесу такого класу дає змогу адекватно описати сигнал, а саме одночасно врахувати в одній математичній структурі періодичність та випадковість. Таке математичне подання уможливорює процедуру удосконалення відомих методів оцінювання електроміосигналів шляхом застосовання до них відомих методів статистичного оцінювання (синфазного, компонентного) для обчислення статистичних оцінок їхніх ймовірнісних характеристик, які є показниками стану периферичної нервової системи.

У третьому розділі «Метод оцінювання статистик електроміосигналу» описано структурну схему реєстрації та оцінювання електроміосигналів. Проаналізовано синфазний метод оцінювання ЕМС як ПКВП, вибір якого обґрунтовується швидкодією та простотою реалізації і мінімізацією вхідних параметрів. Ґрунтуючись на операціях, які є складовими при реалізації синфазному методі, розроблено алгоритм синфазного оцінювання електроміосигналу для розширення своєчасного діагностування функціонального стану периферичної нервової системи з метою подальшого розроблення програмного модуля для автоматизованих комп'ютерних міографів.

У четвертому розділі «Результати оцінювання статистик електроміосигналу та їх інтерпретація» розроблено метод оцінювання математичної моделі електроміосигналу як періодично корельованого випадкового процесу, який враховує в собі механізм формування сигналу, поєднуючи властивість випадковості із повторністю (періодичністю), що є властивим для досліджуваних сигналів. За допомогою програмного забезпечення Matlab розроблено програму для автоматизованого оцінювання електроміосигналів із графічною оболонкою для автоматизованих комп'ютерних електроміографічних систем, за допомогою якого можна легко оцінювати любий тип електроміосигналу (норма чи патологія). Результати роботи програми зображено на рис.1 у вигляді усереднених кореляційних компонент електроміосигналу.



(норма)



(патологія)

Рис.1. Результати роботи програми синфазного оцінювання електроміосигналу у вигляді усереднених кореляційних компонент

На рис. 1 видно, що значення максимумів оцінок усереднених кореляційних компонент електроміосигналу для норми та патології зосереджені на одних і тих самих номерах, проте амплітудні значення оцінок різняться між собою. Тому оцінки усереднених кореляційних компонент є чутливо-кількісними показниками при розрізненні різних станів периферичної нервової системи людини (норма чи патологія).

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень за допомогою комп'ютерного електроміографа та проведено обґрунтування вибору Matlab як програмного забезпечення для розв'язання наукової задачі, а саме оцінювання статистик електроміосигналу на базі моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 40670,89 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,71 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 по охорони праці з питань електробезпеки обслуговуючого персоналу при експлуатації комп'ютерної міографічної системи, буде забезпечено безпечні умови праці при її експлуатації і тим самим мінімізовано ризик ушкодження персоналу електричним струмом. Описано заходи особистої безпеки персоналу цехів, лабораторії по виготовленню електронної медичної апаратури.

У восьмому розділі «Екологія» встановлено, що при проведенні виробничих процесів монтажу і складання комп'ютерної міографічної системи застосовано технологічні методи і засоби, які створюють мінімальний вплив на навколишнє середовище

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

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі магістра розв'язано актуальну наукову задачу удосконалення методів оцінювання статистик електроміосигналу на базі адекватної математичної моделі для комп'ютерних міографічних систем.

При цьому отримано такі результати:

1. У результаті огляду і оцінювання відомих математичних моделей електроміосигналів, які використовуються при побудові комп'ютерних міографічних систем для діагностики функціонального стану периферичної нервової системи, сформульовано основні вимоги щодо побудови математичної моделі електроміосигналу: врахування випадковості та повторності (періодичності) електроміосигналу.

2. Обґрунтовано математичну модель електроміосигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, яка на відміну від відомих враховує у своїй структурі поєднання стохастичної природи та повторності (періодичності) електроміосигналу.

3. На базі обґрунтованої математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу удосконалено відомі методи оцінювання шляхом застосування синфазного методу для оцінювання електроміосигналу, який уможливив розширення можливостей щодо оцінювання стану периферичної нервової системи людини.

4. На базі синфазного методу оцінювання електроміосигналу розроблено програмне забезпечення в середовищі Matlab для автоматизованих комп'ютерних електроміографів з метою своєчасної діагностики функціонального стану периферичної нервової системи.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Бійчук Р. Удосконалення методів оцінювання статистик електроміосигналу у комп'ютерних міографічних системах / Бійчук Р. // Збірник тез **Х** Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 25-26 квітня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 1. — С. 261–262. — (Секція: Радіоелектронні біотехнічні системи).

2. Осадчук М. Імітаційна модель електрокардіосигналу / М. Осадчук, Р. Бійчук, М. Хвостівський // Матеріали **XX** наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 травня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — С. 133–134. — (Імовірнісні моделі біофізичних сигналів і полів та обчислювальні методи і засоби їх ідентифікації, приладобудування).

АНОТАЦІЯ

Бійчук Роман Миколайович. Удосконалення методів оцінювання статистик електроміосигналу у комп'ютерних міографічних системах. – Рукопис.

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

В дипломній роботі магістра обґрунтовано математичну модель електроміосигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, яка на відміну від відомих враховує у своїй структурі поєднання стохастичної природи та повторності електроміосигналу, що є властивим для сигналів біологічного походження. На базі обґрунтованої математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу удосконалено відомі методи оцінювання шляхом застосування синфазного методу для оцінювання статистик електроміосигналу в комп'ютерних міографічних системах, який дає змогу оцінити можливості своєчасної діагностики стану периферичної нервової системи. Розроблено програмне забезпечення в середовищі Matlab для комп'ютерних міографічних систем на основі синфазного методу оцінювання електроміосигналу.

Ключові слова: Електроміосигнал, математична модель, періодично корельований випадковий процес, синфазний метод оцінювання статистик, комп'ютерна міографічна система.

ANNOTATION

Biychuk Roman. Improvement of methods of estimating electromiosignal statistics in computer miographic systems.

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

In the thesis of the master the mathematical model of the electromiosignal in the form of periodically correlating stochastic process is substantiated, which, unlike the known, takes into account in its structure the combination of steady nature and the repetition of the electromiosignal, which is characteristic for signals of biological origin. On the basis of a substantiated mathematical model in the form of a periodically correlated stochastic process, the known methods of evaluation have been improved by the use of a common-mode method for the evaluation of electromiosignal statistics in computer miographic systems, which makes it possible to evaluate the possibilities of timely diagnosis of the state of the peripheral nervous system. Software developed in the Matlab environment for computer miographic systems based on the common method of estimating electromiosignal.

Keywords: Electromiosignal, mathematical model, periodically correlated stochastic process, in-phase statistical estimation method, computer miographic systems