

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

Байко Іван Ярославович

УДК 612.741.1:519.218

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЧНОГО СИГНАЛУ ДЛЯ
ЗАДАЧІ ДІАГНОСТИКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ М'ЯЗІВ**

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 кафедри біотехнічних систем
Дедів Леонід Євгенович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук,
доцент кафедри радіотехнічних систем
Умзар Юрій Августович,
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. У зв'язку із значним поширенням неврологічних, кардіологічних, інфекційних і онкологічних захворювань актуальною сьогодні стає методика проведення електроміографічного дослідження, що являє собою діагностичний метод, за допомогою якого лікарі оцінюють функціональний стан скелетних м'язів і закінчень периферичних нервів. Оцінювання відбувається за рівнем електричної активності м'язів. Таке обстеження дозволяє визначити вогнище, ступінь поширеності, тяжкість і характер ураження м'язової тканини і нервових волокон.

Завчасна діагностика захворювань м'язів та периферичних нервів дає змогу виявити зміни їхнього функціонального стану шляхом належного опрацювання електроміографічних сигналів, що передбачає формування їх опису на основі певної математичної моделі, яка має містити інформативну характеристику – ознаку зміни в роботі м'язів чи периферичних нервів. Вона необхідна для обґрунтування алгоритмів вимірювання і опрацювання електроміографічних сигналів, інтерпретації отриманих результатів.

Аналіз відомих математичних моделей електроміографічних сигналів та отримуваних з їх допомогою інформативних ознак показав, що серед нейрофізіологів, невропатологів і лікарів-міографістів немає єдиного підходу до аналізу даних, отриманих при дослідженні електроміографічних сигналів, що проявляється в неадекватній оцінці електроміографічних показників. Найчастіше значення цих показників трактуються по різному, немає єдиної системи написання висновку, найчастіше висновки, представлені в клінічному резюме не відповідають можливостям проведених методик.

Якість результатів опрацювання електроміографічного сигналів та їх фізична інтерпретація визначається методами опрацювання, які в свою чергу визначаються математичною моделлю ЕМГ сигналів, яка повинна бути адекватною фізичній природі цих сигналів та задачі діагностики функціонального стану м'язів, оскільки від адекватності математичної моделі будуть залежати власне результати опрацювання та їх медична інтерпретація.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження* є обґрунтування вибору математичної моделі електроміографічного сигналу для задачі діагностики функціонального стану м'язів. Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналітичний огляд літературних джерел за тематикою дослідження.
2. Провести огляд математичних моделей електроміографічного сигналу з метою виявлення можливості використання їх для задачі діагностування функціонального стану м'язів.
3. Сформулювати вимоги до математичної моделі електроміографічного сигналу, яка була б адекватною фізичній природі такого роду сигналів та задачі діагностування функціонального стану м'язів.
4. Обґрунтувати вибір математичної моделі електроміографічних сигналів.

5. Провести відбір та опрацювання електроміографічних сигналів з метою верифікації обґрунтованої математичної моделі.

Об'єкт дослідження: процес математичного моделювання електроміографічних сигналів для задачі діагностування функціонального стану м'язів

Предмет дослідження: математична модель електроміографічного сигналу.

Методи дослідження побудовано на основі методів гармонічного та спектрально-кореляційного аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів. Обґрунтовано математичну модель електроміографічного сигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, яка на відміну від відомих має засоби врахування коливної структури сигналу, випадкової складової та часово-фазової структури.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати можуть бути використані при розробленні автоматизованих систем діагностування функціонального стану м'язів.

Апробація результатів дисертації. За матеріалами кваліфікаційної роботи магістра опубліковано тези доповідей на XX науковій конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, (Тернопіль, 17-18 травня 2017 р.)

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 131 сторінках, списку використаних джерел з 31 назв на 3 сторінках, додатків на 3 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 140 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі шляхом аналізу та порівняння відомих методів дослідження електроміографічних сигналів 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 «Електроміографія, як метод діагностики функціонального стану м'язів» проаналізовано стан проблеми дослідження електроміографічних сигналів.

Проведено аналіз літературних джерел за тематикою дослідження. Встановлено, що електроміографія є діагностичним методом, за допомогою якого фахівці оцінюють функціональний стан скелетних м'язів і закінчень периферичних нервів. Оцінка відбувається за рівнем їх електричної активності. Таке обстеження дозволяє визначити вогнище, ступінь поширеності, тяжкість і характер ураження м'язової тканини і нервових волокон.

Також встановлено, що серед нейрофізіологів, невропатологів і лікарів-міографістів немає єдиного підходу до аналізу отриманих при дослідженні даних, що проявляється в неадекватній оцінці електроміографічних показників. Найчастіше цифрові значення цих показників трактуються по різному, немає єдиної системи

написання висновку, найчастіше висновки, представлені в клінічному резюме не відповідають можливостям проведених методик.

Якість результатів опрацювання ЕМГ сигналів та їх фізична інтерпретація визначається методами опрацювання, які в свою чергу визначаються математичною моделлю ЕМГ сигналів, яка повинна бути адекватною фізичній природі цих сигналів та задачі діагностики функціонального стану м'язів.

У другому розділі «Математичне моделювання електроміографічних сигналів» сформульовано вимоги до математичної моделі ЕМГ сигналів.

Встановлено, що адекватна фізичній природі ЕМГ сигналів математична модель повинна враховувати коливну структуру цих сигналів, а адекватна поставленій задачі діагностування функціонального стану м'язів математична модель повинна враховувати випадкову складову ЕМГ сигналів та мати засоби оцінювання часово-фазової структури цих сигналів. Проведемо аналіз відомих математичних моделей та методів опрацювання ЕМГ сигналів.

Проведено аналіз відомих математичних моделей та методів опрацювання ЕМГ сигналів, зокрема розглянуто статистичний метод аналізу ЕМГ сигналів на базі його математичної моделі у вигляді стаціонарного випадкового процесу, спектральний аналіз ЕМГ сигналів на базі математичної моделі у вигляді стаціонарної випадкової центрованої функції та періодичної функції, спектрально-кореляційний аналіз ЕМГ сигналу на базі його математичної моделі у вигляді адитивної суміші періодичної і шумової складових.

З порівняльного аналізу методів опрацювання, які побудовані на адекватних математичних моделях ЕМГ сигналів встановлено, що кожній з них властиві як позитивні, так і негативні аспекти. Використання детермінованої математичної моделі ЕМГ сигналів не є коректним, оскільки сигнал характеризується значною варіативністю, неповторністю, що можна адекватно описати лише з використанням стохастичного підходу. Крім цього, необхідно, щоб математична модель враховувала фазову структуру ЕМГ сигналів, оскільки вона є важливою та необхідною для діагностики, бо відображає інформацію про механізм породження ЕМГ сигналів. Модель також повинна описувати часову структуру ЕМГ сигналів, Тому обґрунтовано доцільність використання випадкових процесів з періодичними імовірнісними характеристиками.

Обґрунтовано математичну модель ЕМГ сигналів у вигляді періодично корельованого випадкового процесу.

У третьому розділі «Експериментальні дослідження» проаналізовано способи реєстрації ЕМГ сигналів та схеми накладання електродів.

Проведено відбір ЕМГ сигналів. Відбір проводився з допомогою блока підсилення біопотенціалів, виконаного на двох послідовно включених інструментальних підсилювачах AD620, між якими включено фільтр високих частот для подавлення постійної складової сигналу. Після підсилювачів реалізовано вузли обмеження сигналу по амплітуді. Сигнал з виходу блока відбору подавався на вхід АЦП звукової картки персонального комп'ютера та попередньо опрацьовувався в програмному середовищі Adobe Audition.

Запис проводився з допомогою одноразових ЕКГ електродів, які придатні для відбору ЕМГ сигналів. Електроди розміщувалися на передпліччі: референтний – на

рівні сухожилля, активний – на 3 см нижче, земляний – з іншої сторонни руки. Запис проводився при згинанні кисті руки в кулак.

Отримані реєстрограми ожна використати для верифікації математичної моделі ЕМГ сигналів у вигляді періодично корельованого випадкового процесу.

У четвертому розділі «верифікація математичної моделі електроміографічного сигналу» опрацьовано вибірки з ЕМГ сигналу, які відповідають окремим рухам кисті руки, методами гармонічного та спектрально-кореляційного аналізу

Для чотирьох реалізацій ЕМГ сигналу було побудовано оцінки амплітудних спектрів. З оцінок амплітудних спектрів видно, що в структурі сигналу присутня випадкова складова.

Проведено опрацювання вибірок з реєстрограми ЕМГ сигналу методами спектрально-кореляційного аналізу стаціонарних випадкових процесів. Для вибірок з реєстрограми ЕМГ сигналу було побудовано оцінки автокореляційної функції та оцінки розподілу спектральної густини потужності

Проведений аналіз показав, що адекватною математичною моделлю ЕМГ сигналів буде періодично корельований випадковий процес. На відміну від стаціонарного випадкового процесу, математична модель у вигляді періодично корельованого випадкового процесу має засоби оцінювання часово-фазової структури ритмічних сигналів та змін у ній.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень при роботі із міографічними системами та проведено обґрунтування вибору пакету 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 49364,54 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 охорони праці при експлуатації міографа. Встановлено порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання актуальності екологічних проблем, шкідливий вплив на довкілля при виготовленні електроміографічних систем, заходи охорони довкілля при виготовлені електроміографічних систем.

У додатках наведено текст програми, розробленої для опрацювання сигналів іпедансної плетизмографії в середовищі Matlab.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі розв'язано актуальну наукову задачу обґрунтування математичної моделі електроміографічного сигналу для задачі діагностики функціонального стану м'язів. При цьому отримано такі результати:

1. Проведено аналіз літературних джерел за тематикою дослідження. Встановлено, що електроміографія є діагностичним методом, за допомогою якого фахівці оцінюють функціональний стан скелетних м'язів і закінчень периферичних нервів. Встановлено, що серед нейрофізіологів, невропатологів і лікарів-міографістів немає єдиного підходу до аналізу отриманих при дослідженні даних, що проявляється в неадекватній оцінці електроміографічних показників.

2. Сформульовано вимоги до математичної моделі ЕМГ сигналів. Встановлено, що адекватна фізичній природі ЕМГ сигналів математична модель повинна враховувати коливну структуру цих сигналів, а адекватна поставленій задачі діагностування функціонального стану м'язів математична модель повинна враховувати випадкову складову ЕМГ сигналів та мати засоби оцінювання часово-фазової структури цих сигналів.

3. Проведено аналіз відомих математичних моделей та методів опрацювання ЕМГ сигналів, зокрема розглянуто статистичний метод аналізу ЕМГ сигналів на базі його математичної моделі у вигляді стаціонарного випадкового процесу, спектральний аналіз ЕМГ сигналів на базі математичної моделі у вигляді стаціонарної випадкової центрованої функції та періодичної функції, спектрально-кореляційний аналіз ЕМГ сигналу на базі його математичної моделі у вигляді адитивної суміші періодичної і шумової складових. Встановлено, що кожній з цих моделей властиві як позитивні, так і негативні аспекти.

4. Обґрунтовано математичну модель ЕМГ сигналів у вигляді періодично корельованого випадкового процесу.

5. Проаналізовано способи реєстрації ЕМГ сигналів та схеми накладання електродів. Проведено відбір ЕМГ сигналів. Відбір проводився з допомогою блока підсилення біопотенціалів, виконаного на двох послідовно включених інструментальних підсилювачах AD620, між якими включено фільтр високих частот для подавлення постійної складової сигналу. Після підсилювачів реалізовано вузли обмеження сигналу по амплітуді. Сигнал з виходу блока відбору подавався на вхід АЦП звукової картки персонального комп'ютера та попередньо опрацьовувався в програмному середовищі Adobe Audition. Запис проводився з допомогою одноразових ЕКГ електродів, які придатні для відбору ЕМГ сигналів. Електроди розміщувалися на передпліччі: референтний – на рівні сухожилля, активний – на 3 см нижче, земляний – з іншої сторони руки. Запис проводився при згинанні кисті руки в кулак.

6. Проведено опрацювання вибірок з реєстрограми ЕМГ сигналу. Проведений аналіз показав, що адекватною математичною моделлю ЕМГ сигналів буде періодично корельований випадковий процес. На відміну від стаціонарного випадкового процесу, математична модель у вигляді періодично корельованого випадкового процесу має засоби оцінювання часово-фазової структури ритмічних сигналів та змін у ній.

ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Байко І.Я. Вимоги до математичної моделі електрокардіосигналу для діагностування ішемічної хвороби серця / Ю.М.Качор, І.Я.Байко // Матеріали XX наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя (Тернопіль, 17-18 травня 2017 р.) / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль: ТНТУ, 2017.- С.127.

АНОТАЦІЯ

Байко І.Я. Математична модель електроміографічного сигналу для задачі діагностики функціонального стану м'язів. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Роботу присвячено обґрунтуванню математичної моделі електроміографічних сигналів для задачі діагностування функціонального стану м'язів. Проведено аналіз відомих математичних моделей таких сигналів та сформульовано вимоги до математичної моделі. Обґрунтовано математичну модель електроміографічних сигналів у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, яка є адекватною фізичній природі таких сигналів та задачі діагностування функціонального стану м'язів.

Ключові слова: електроміографічний сигнал, діагностика, періодично корельований випадковий процес.

SUMMARY

Baiko I.Ya. Mathematical model of electromyographic signal for muscles functional state diagnostic. - The manuscript. Master's qualifying work, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2018.

The work is devoted to the substantiation of the mathematical model of electromyographic signals for the problem of diagnosing the functional state of the muscles. The analysis of known mathematical models of such signals is carried out and the requirements for the mathematical model are formulated. The mathematical model of electromyographic signals in the form of a periodically correlated random process, which is adequate to the physical nature of such signals and the problem of diagnosing the functional state of the muscles, is substantiated.

Key words: electromyographic signal, diagnostics, periodically correlated random process.