

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

Ковалик Сергій Васильович

УДК 612.741.1:519.218

**СИСТЕМА ВІДБОРУ ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЧНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ
ЗАДАЧІ БІОПРОТЕЗУВАННЯ КИСТІ РУКИ**

163 – Біомедична інженерія

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль – 2019

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
Дозорський Василь Григорович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук,
доцент кафедри радіотехнічних систем
Дедів Ірина Юріївна,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 грудня 2019 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №23 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 роботи. Враховуючи значне зростання кількості людей із ампутованою кінцівкою, зокрема постраждалих в зоні проведення антитерористичної операції військовослужбовців, є максимально повне відновлення функціональних можливостей кінцівки шляхом протезування. Згідно статистичних даних більше 50% від загальної кількості випадків протезування припадають на протезування після ампутування верхньої кінцівки на рівні передпліччя, при цьому в Україні більше 12 тис. осіб потребують протезування кисті руки. Щорічно цей показник зростає, зокрема у осіб, які постраждали внаслідок проведення бойових дій на сході України.

Однак, на ринку протезного обладнання практично відсутні високофункціональні біокеровані протези кисті руки вітчизняного виробництва. Це пов'язано із складністю забезпечення необхідної кількості окремих рухів протеза, яка визначається засобами відбору та методами опрацювання біосигналів, що зареєстровані із ділянок усічених м'язів кукси (частини кінцівки, що залишилася після ампутації), які є залишковими сигналами електричної активності м'язів втраченої кінцівки – електроміографічних (ЕМГ) сигналів.

При цьому актуальним є розроблення ефективних засобів відбору, оскільки від якості зареєстрованих біосигналів залежатиме кількість відтворюваних протезом рухів а також їхня точність та швидкість.

Метою роботи є: розробка системи відбору електроміографічних сигналів для задачі біопротезування кисті руки. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих високофункціональних протезів кисті руки та аналіз способів відбору біосигналів у них;
- проаналізувати особливості непрямих методи відбору біомедичних сигналів з метою пристосування їх до задачі відбору електроміографічних сигналів у структурі протеза кисті руки;
- запропонувати структуру активних електродів та способи її реалізації;
- запропонувати схему відбору електроміографічних сигналів з поверхні передпліччя для задачі формування сигналів керування біопротезом.

Об'єкт дослідження: процес відбору електроміографічних сигналів для задачі біопротезування.

Предмет дослідження: система відбору електроміографічних сигналів, її структура та параметри для відбору електроміографічних сигналів.

Наукова новизна результатів: полягає в обґрунтуванні структури активних голчастих електродів із заокругленими вершинами голок, що забезпечить надійний контакт електрода із поверхнею шкіри пацієнта.

Апробація результатів дослідження. За матеріалами кваліфікаційної роботи магістра опубліковано тези доповідей на VII науково-технічній конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології».

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 92 сторінках, списку використаних джерел з 30 назв на 3 сторінках, додатків на 1 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 96 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі 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 «Задача біокерованого протезування кисті руки» показано, що актуальним для області реабілітаційної медицини є розроблення високофункціональних протезів кисті руки з метою максимально повної компенсації втрачених функцій ампутованої кисті руки. Проведено аналіз принципів протезування, основних типів та можливостей сучасних протезів.

Встановлено, що на ринку протезного обладнання практично відсутні високофункціональні біокеровані протези кисті руки вітчизняного виробництва (в Україні лише 58 підприємств виготовляють протези і лише 6 з них виготовляють високофункціональні протези). Це пов'язано із складністю забезпечення необхідної кількості окремих рухів протеза, яка визначається засобами відбору та методами опрацювання біосигналів залишкової м'язової активності ампутованої кінцівки. Стосовно закордонних аналогів, то вони є високоартісними та передбачають встановлення, налаштування і подальшого обслуговування протезів виключно за кордоном.

Актуальним є завдання розроблення способів узгодження апаратної частини протезу із залишковими можливостями ділянки кінцівки, що підлягає протезуванню, з метою максимально повної компенсації втрачених функцій цієї кінцівки. В біопротезах це здійснюється шляхом відбору та опрацювання залишкових сигналів електричної активності м'язів втраченої кінцівки з метою виділення ознак скорочень таких м'язів і формування сигналів керування відповідними приводами протеза. Особливо актуальним стоїть питання типів електродів, що використовуються для відбору ЕМГ сигналів.

У другому розділі «Біокероване протезування на основі електроміографічних сигналів» Для реалізації принципів біокерування перспективним є застосування залишкових ЕМГ сигналів. Такий спосіб керування є неінвазивним та не потребує хірургічного вживлення електродів в ділянки кукси пацієнта. Розглянуто особливості проведення електроміографічних досліджень та особливості отримуваних при цьому ЕМГ сигналів.

Проведемо аналіз типів електродів, що використовуються для відбору біосигналів для виявлення можливості використання їх для відбору поверхневих ЕМГ високої роздільної здатності, а також типів артефактів, що виникають в процесі відбору.

Встановлено, що перспективним є застосування поверхневих контактних електродів першого роду. Розглянуті типи електродів є пасивними і або потребують використання контактних гелів або змочування або є одноразовими. В першому

випадку є складним забезпечити нанесення контактного гелю на електроди в структурі біопротеза, застосування ж одноразових електродів є неможливим з практичної точки зору.

Для забезпечення надійного контакту електродів, з допомогою яких проводиться відбір таких ЕМГ сигналів, доцільно розробити електроди, які будуть мати неоднорідну площу поверхні. Також в структуру електродів необхідно інтегрувати попередні підсилювачі біопотенціалів з метою збільшення вхідного опору таких електродів та зниження рівня синфазних завад і артефактів, пов'язаних із зміщеннями електродів внаслідок рухів передпліччя.

Для виготовлення електродів заплановано використати технології 3-D друку та антистатичні біологічно стійкі матеріали.

У третьому розділі «Розроблення конструкції електродів для відбору електроміографічних сигналів» Проаналізовано способи накладання електродів при проведенні поверхневих ЕМГ сигналів та запропоновано накладати електроди радіально на рівні передпліччя.

В якості конструкції електрода пропонується використати електроди з голчастою поверхнею самого електрода, які покриті хлоридом срібла.

Для підвищення вхідного опору електродів пропонується інтегрувати всередину кожного електрода операційних підсилювачів, які включені за схемою повторювачів напруги.

З усіх розглянутих матеріалів найбільше для виготовлення поверхневих ЕМГ електродів підходить наповнювач для 3-D друку типу ABS Antistatic, оскільки в структурі електрода буде інтегровано операційний підсилювач як буферний елемент, відповідно опір матеріалу електрода має бути максимально високим, а наявність поверхневих зарядів що виникатимуть на електроді за рахунок незначного тертя об поверхню шкіри чи волосяні покриви, призведе до появи значних шумів в структурі відібраного ЕМГ сигналу. Зазначеним вимогам відповідає саме наповнювач ABS Antistatic.

У четвертому розділі «Схемо-технічні рішення виконання системи відбору електроміографічних сигналів» Запропоновано структурну схему блока відбору ЕМГ сигналів, яка виконана на інструментальних підсилювачах AD620, між якими включено фільтр низьких частот. Схему реалізовано у вигляді окремого модуля.

В силу того, що конструкція електродів для відбору ЕМГ сигналів є запропонована але не реалізована практично через підвищену собівартість матеріалів та необхідність наявності 3-D принтера на цьому етапі для відбору ЕМГ сигналів використано одноразові ЕМГ електроди та блоку попереднього підсилення.

Проведено відбір ЕМГ сигналів із використанням одноразових ЕМГ електродів та розробленого блоку відбору.

Проведено завантаження та попередню обробку таких сигналів в середовищі Matlab.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано методику проведення медико-біологічних досліджень та проведено обґрунтування вибору УДК напряму наукового дослідження.

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 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» сформульовані рекомендації по охороні праці з питань електробезпеки обслуговуючого персоналу при експлуатації системи відбору електроміографічних сигналів та розглянуто стійкість роботи цехів та лабораторій по виготовленню електронної медичної апаратури.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, забруднення, що виникають при виготовленні системи відбору електроміографічних сигналів, і шляхи їх зменшення, електромагнітне забруднення довкілля, викликане роботою системою відбору електроміографічних сигналів.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи отримано наступні результати:

Встановлено, що актуальним для області реабілітаційної медицини є розроблення високофункціональних протезів кисті руки з метою максимально повної компенсації втрачених функцій ампутованої кисті руки. Встановлено, що на ринку протезного обладнання практично відсутні високофункціональні біокеровані протези кисті руки вітчизняного виробництва (в Україні лише 58 підприємств виготовляють протези і лише 6 з них виготовляють високофункціональні протези). Це пов'язано із складністю забезпечення необхідної кількості окремих рухів протеза, яка визначається засобами відбору та методами опрацювання біосигналів залишкової м'язевої активності ампутованої кінцівки. Стосовно закордонних аналогів, то вони є високовартісними та передбачають встановлення, налаштування і подальшого обслуговування протезів виключно за кордоном.

Для реалізації принципів біокерування перспективним є застосування залишкових ЕМГ сигналів. Такий спосіб керування є неінвазивним та не потребує хірургічного вживлення електродів в ділянки кукси пацієнта. Розглянуто особливості проведення електроміографічних досліджень та особливості отримуваних при цьому ЕМГ сигналів.

Проведено аналіз типів електродів, що використовуються для відбору біосигналів для виявлення можливості використання їх для відбору поверхневих ЕМГ високої роздільної здатності, а також типів артефактів, що виникають в процесі відбору. Проаналізовано способи накладання електродів при проведенні поверхневих ЕМГ сигналів та запропоновано накладати електроди радіально на рівні передпліччя.

В якості конструкції електрода пропонується використати електроди з голчастою поверхнею самого електрода, які покриті хлоридом срібла.

Для підвищення вхідного опору електродів пропонується інтегрувати всередину кожного електрода операційних підсилювачів, які включені за схемою повторювачів напруги.

З усіх розглянутих матеріалів найбільше для виготовлення поверхневих ЕМГ електродів підходить наповнювач для 3-D друку типу ABS Antistatic, оскільки в структурі електрода буде інтегровано операційний підсилювач як буферний елемент, відповідно опір матеріалу електрода має бути максимально високим, а наявність поверхневих зарядів що виникатимуть на електроді за рахунок незначного тертя об поверхню шкіри чи волосяні покриви, призведе до появи значних шумів в структурі відібраного ЕМГ сигналу. Зазначеним вимогам відповідає саме наповнювач ABS Antistatic.

Запропоновано структурну схему блока відбору ЕМГ сигналів, яка виконана на інструментальних підсилювачах AD620, між якими включено фільтр низьких частот. Схему реалізовано у вигляді окремого модуля.

В силу того, що конструкція електродів для відбору ЕМГ сигналів є запропонована але не реалізована практично через підвищену собівартість матеріалів та необхідність наявності 3-D принтера на цьому етапі для відбору ЕМГ сигналів використано одноразові ЕМГ електроди та блоку попереднього підсилення.

Проведено відбір ЕМГ сигналів із використанням одноразових ЕМГ електродів та розробленого блоку відбору. Проведено завантаження та попередню обробку таких сигналів в середовищі Matlab.

ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Ковалик С. Відбір біосигналів для задачі біопротезування кисті руки / С. Ковалик, В. Николайчук, В. Дозорський // Матеріали VII науково-технічної конфіції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 11 – 12 грудня 2019 р.). – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – с.49.

АНОТАЦІЯ

Ковалик С.В. Система відбору електроміографічних сигналів для задачі біопротезування кисті руки. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Кваліфікаційну роботу магістра присвячено обґрунтуванню структури системи відбору електроміографічних сигналів з поверхні передпліччя для задачі формування сигналів керування виконавчими елементами протеза кисті руки. Запропоновано структуру поверхневих активних електродів та схемо-технічні рішення виконання кіл попереднього підсилення електроміографічних сигналів.

Ключові слова: біокерований протез, електроміографічний сигнал, електрод.

ANNOTATION

Kovalik S.V. Electromyographic signal selection system for the problem of bioprosthetics of the hand. - Manuscript. Qualifying Work, Ivan Puluj Ternopil National Technical University, Ternopil, 2018.

The master's qualification work is devoted to the substantiation of the structure of the electromyographic signal selection system from the surface of the forearm for the task of forming the control signals of the executive elements of the prosthesis of the hand. The structure of surface active electrodes and circuit-technical solutions for performing circles of pre-amplification of electromyographic signals are proposed.

Keywords: bio-controlled prosthesis, electromyographic signal, electrode.