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

Николайчук Володимир Іванович

УДК 612.7:519.218

РОЗРОБЛЕННЯ ЗАСОБІВ ВІДБОРУ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАФІЧНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ

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 $10^{.00}$ 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 теми. Особливо поширеним сьогодні в області медичнох діагностики патологічних станів є електроенцефалографічний метод, який полягає в оцінюванні електричної активності окремих структур мозку. Метод полягає в реєстрації різниці потенціалів між окремими електродами відведення прямим чи непрямим способом. Прямий спосіб є інвазивним і передбачає розміщення електродів безпосередньо на поверхні мозку. Більш поширеним у зв'язку із неінвазивністю є непрямий метод відбору так званого електроенцефалографічного (ЕЕГ) сигналу із поверхні голови пацієнта. Такий метод передбачає розміщення значної кількості електродів на поверхні голови, які називаються відведеннями. Сам же електроенцефалограф – пристрій для реєстрації ЕЕГ сигналів, являє собою сукупність каналів підсилення ЕЕГ сигналів кожного відведення, аналого-цифровий перетворювач, вузли інтерфейсу та програмні засоби опрацювання і візуалізації результатів (зазвичай комп'ютерні).

Ефективність функціонування такої складної електроенцефалографічної системи залежить від якості вихідних сигналів, які реєструються у відведенні. При цьому сьогодні застосовуються системи електродів, які розміщуються на так званій ЕЕГ-шапочці чи шоломі, який надівається на голову пацієнта. Електроди в процесі відбору контактують із поверхнею шкіри та сприймають електричні потенціали, що наводяться на поверхні шкіри голови та є результатом роботи внутрішніх структур мозку. В процесі ЕЕГ досліджень поверхня електродів змочується чи покривається спеціальним струмопровідним гелем для забезпечення кращого електричного контакту чутливої поверхні електрода із поверхнею голови. Однак електроди накладаються на поверхню голови через волосся, а контактний гель розтікається, збільшуючи площу контакту та спотворюючи результуючий ЕЕГ сигнал. Також такі системи відбору є особливо чутливими до рухів, викликаючи появу артефактів у структурі ЕЕГ сигналів.

Вказане визначає актуальність задачі розроблення засобів відбору сигналів для електроенцефалографічних діагностичних систем, які не мали б зазначених недоліків.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розроблення засобів відбору сигналів для електроенцефалографічних діагностичних систем

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- провести аналіз літературних джерел за тематикою досліджень;
- проаналізувати фізичну природу ЕЕГ сигналів та типів артефактів, що можуть проявлятись в їхній структурі;
- проаналізувати методи математичного опису та аналізу ЕЕГ сигналів, з метою врахування у засобах відбору інформативно значимих елементів ЕЕГ сигналів;
- проаналізувати відомі способи відбору ЕЕГ сигналів;
- запропонувати конструкцію електродів та засобів відбору ЕЕГ сигналів;
- провести моделювання елементів запропонованої конструкції засобів відбору.

Об'єкт дослідження: процес відбору електроенцефалографічних сигналів.

Предмет дослідження: засоби відбору електроенцефалографічних сигналів.

Наукова новизна одержаних результатів.

Запропоновано використати для відбору електроенцефалографічних сигналів електродів з нерівномірною поверхнею для кращого контакту з поверхнею шкіри голови пацієнта і повторювачів напруги у їхній конструкції для збільшення вхідного опору.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати можуть бути використані для розроблення засобів відбору сигналів для електроенцефалографічних діагностичних систем з покращеними характеристиками.

Публікації. Викладені в роботі результати доповідалися і обговорювалися 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 81 сторінках, списку використаних джерел з 17 назв на 2 сторінках, додатків на 1 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 85 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» проаналізовано можливості методу електроенцефалографії та параметри ЕЕГ сигналів, які несуть діагностичну інформацію.

Проаналізовано особливості відбору ЕЕГ сигналів та встановлено, що на якість самих сигналів впливає поява у їхній структурі різного роду артефактів. Одним із них є артефакт руху, який пов'язаний із недосконалістю конструкції самих електродів і виникає зокрема через поганий контакт між електродом та шкірою голови обстежуваного.

У другому розділі «Моделювання електроенцефалографічних сигналів» проаналізовано типи математичних моделей та методи опрацювання ЕЕГ сигналів в сучасних діагностичних системах. Встановлено, що аналізу підлягає часова, енергетична та частотна структура ЕЕГ сигналів. При цьому, для збереження інформативності таких сигналів засоби відбору ЕЕГ сигналів повинні мінімізовувати рівні шумів, що наводяться в сигналі у конкретному відведенні та забезпечувати не спотворення форми і частотних параметрів самого сигналу. Важливим є усунення або компенсація артефактів руху.

У третьому розділі «Розроблення засобів відбору електроенцефалографічних сигналів» Проаналізовано способи відбору ЕЕГ сигналів, зокрема стандартні схеми накладання електродів та типи самих електродів.

Встановлено, що в переважній більшості сучасних ЕЕГ комплексів застосовуються чашкові електроди, що утворюють ємнісну систему із поверхневими структурами шкір голови. При цьому електроди накладаються на поверхню голови без усунення волосяного покриву, що призводить до поганої якості прилягання електродів до шкіри голови, появи значного рівня шумів, артефактів руху тощо. В підсилювальних каналах та програмному забезпеченні необхідно передбачити надійні схеми фільтрації та видалення згаданих завад. Однак такий підхід призводить і до втрати частини інформації самого відібраного ЕЕГ сигналу.

В роботі пропонується використати електроди із нанесеними на них в процесі виготовлення дрібними голками. Такі електроди будуть вільно проникати через волосся та контактувати з поверхнею шкіри пацієнта. Також приплюснута форма вершин голок сприятиме відсутності дискомфорту в процесі відбору ЕЕГ сигналів та не призводитиме до появи почервонінь, набряків чи потертостей в місцях відведення. Також не потрібно буде застосовувати контактні гелі або процедури змочування електродів.

Для реалізації кіл відбору проаналізовано схеми виконання біопотенціалів та запропоновано схему одного каналу відбору на основі використання інструментальних підсилювачів AD620.

У четвертому розділі «Практична реалізація запропонованих засобів відбору**»** Розроблено кінцеву схему одного каналу підсилювача ЕЕГ сигналів та розроблено топологію друкованої плати та друкованого вузла. Встановлено, що розміри такого одного вузла не перевищуватимуть 45х30 мм.

Розглянуто особливості опрацювання ЕЕГ сигналів методами спектрально-кореляційного аналізу та показано, що розроблений підсилювач ЕЕГ сигналів за смугою частот призведе до не спотворення частотного складу ЕЕГ сигналів.

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 89968,43 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» сформульовані рекомендації по охороні праці з питань електробезпеки обслуговуючого персоналу при експлуатації електроенцефалографічних діагностичних систем та розглянуто пожежна безпека, вплив електромагнітних коливань на біооб’єкт, вплив електричного струму на біооб’єкт.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, основні джерела забруднення довкілля, що виникають у результаті виготовлення електроенцефалографічних систем, заходи щодо зменшення забруднення довкілля.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано можливості методу електроенцефалографії та параметри ЕЕГ сигналів, які несуть діагностичну інформацію. Проаналізовано особливості відбору ЕЕГ сигналів та встановлено, що на якість самих сигналів впливає поява у їхній структурі різного роду артефактів. Одним із них є артефакт руху, який пов'язаний із недосконалістю конструкції самих електродів і виникає зокрема через поганий контакт між електродом та шкірою голови обстежуваного.

Проаналізовано типи математичних моделей та методи опрацювання ЕЕГ сигналів в сучасних діагностичних системах. Встановлено, що аналізу підлягає часова, енергетична та частотна структура ЕЕГ сигналів. При цьому, для збереження інформативності таких сигналів засоби відбору ЕЕГ сигналів повинні мінімізовувати рівні шумів, що наводяться в сигналі у конкретному відведенні та забезпечувати не спотворення форми і частотних параметрів самого сигналу.

Проаналізовано способи відбору ЕЕГ сигналів, зокрема стандартні схеми накладання електродів та типи самих електродів.

Встановлено, що в переважній більшості сучасних ЕЕГ комплексів застосовуються чашкові електроди, що утворюють ємнісну систему із поверхневими структурами шкір голови. При цьому електроди накладаються на поверхню голови без усунення волосяного покриву, що призводить до поганої якості прилягання електродів до шкіри голови, появи значного рівня шумів, артефактів руху тощо. В підсилювальних каналах та програмному забезпеченні необхідно передбачити надійні схеми фільтрації та видалення згаданих завад. Однак такий підхід призводить і до втрати частини інформації самого відібраного ЕЕГ сигналу.

Запропоновано використати електроди із нерівномірною поверхнею, що забезпечить краще проникнення через волосся та надійний контакт із поверхнею шкіри пацієнта. Для зниження рівня шумів та усунення необхідності використання контактних гелів пропонується використати в структурі електродів повторювачі напруги, що дозволить збільшити вхідний опір самого електрода.

Для реалізації кіл відбору проаналізовано схеми виконання біопотенціалів та запропоновано схему одного каналу відбору на основі використання інструментальних підсилювачів AD620.

Розроблено кінцеву схему одного каналу підсилювача ЕЕГ сигналів та розроблено топологію друкованої плати та друкованого вузла. Встановлено, що розміри такого одного вузла не перевищуватимуть 45х30 мм.

ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Николайчук В. Відбір біосигналів для задачі біопротезування кисті руки / С. Ковалик, В. Николайчук, В. Дозорський // Матеріали VII науково-технічної конфції «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

Николайчук В.І. Розроблення засобів відбору сигналів для електроенцефалографічних діагностичних систем. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Кваліфікаційну роботу магістра присвячено розробленню засобів відбору сигналів для електроенцефалографічних діагностичних систем. Проведено аналіз типів електродів та запропоновано конструкцію із нерівномірною поверхнею для кращого проникнення через волосяні покриви голови та кращого контакту з поверхнею шкіри голови. Для збільшення вхідного опору запропоновано використати повторювачі напруги. Розроблено структуру одного каналу підсилення та фільтрації електроенцефалографічних сигналів.

Ключові слова: електроенцефалографічний сигнал, електрод, система відбору.

ABSTRACT

Nikolaychuk V.I. Development of signal selection tools for electroencephalographic diagnostic systems. - Manuscript. Master's qualifying work, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2019.

Master's qualification work is devoted to the development of signal selection tools for electroencephalographic diagnostic systems. The types of electrodes were analyzed and a design with a non-uniform surface was proposed for better penetration through the scalp and better contact with the scalp. It is suggested to use voltage repeaters to increase the input impedance. The structure of one channel of amplification and filtering of electroencephalographic signals has been developed.

Keywords: electroencephalographic signal, electrode, selection system.