

ДВОКАНАЛЬНИЙ НЕІНВАЗИВНИЙ ТРАНСКРАНІАЛЬНИЙ СТИМУЛЯТОР

Горбовий О. В., асистент, e-mail: oleg.gorbovuy@gmail.com

Подільський державний університет

Актуальність дослідження. Актуальність фізіотерапевтичного методу лікування транскраніальною електростимуляцією (ТЕС) обумовлена тим, що це неінвазивний та низьковартісний спосіб безпосередньої зміни функцій мозку. Сучасні дослідження довели безпечність ТЕС, відкривши можливість стимуляції як глибинних, так і кортикальних локальних частин мозку для поліпшення когнітивних властивостей, лікування ментальних та вікових захворювань. Наразі, важливою для країн світу та України є розробка пристрою, що поєднуватиме в собі різні форми струму, дозволяючи струму проникати углиб мозку, при невисокій вартості.

Мета дослідження. Основною метою дослідження за медико-технічними вимогами до апарату, розробити модель розподілу електричного поля у мозку під час стимуляції постійним або змінним струмом та ескізу документацію на прототип виробу.

Основні матеріали досліджень. Метод транскраніальної стимуляції полягає в тому, що він є відносно безпечним способом підвищення розумової активності для здорових людей, наприклад поліпшення процесу запам'ятовування, підвищення моторної активності для спортсменів. Це особливо важливо для усунення вікового зниження когнітивних та рухових функцій у літніх людей. Для пацієнтів з ментальними розладами, такими як депресія та синдром дефіциту уваги, дегенеративними захворюваннями центральної нервової системи та болями, ТЕС є ефективним та сучасним методом лікування. Важливим є те, що лікування стимуляцією не потребує генетичного або медикаментозного втручання.

Стимуляція може відбуватись безпосередньо на кору мозку або на глибокі структури мозку, не змінюючи мембранного потенціалу навколишніх клітин. Технологія, заснована на явищі темпоральної інтерференції дозволить неінвазивну нейростимуляцію глибокої тканинної структури, наприклад гіпокампу для поліпшення пам'яті або ядро субталамусу для лікування симптомів хвороби Паркінсона, не вимагаючи інвазивної хірургії, що значно зменшує витрати та ускладнення.

У концепції темпоральної інтерференції (ТІ) (рис. 1) електричні струми подаються на високих частотах f_1 і $f_2 = f_1 + \Delta f$, але відрізняються незначною величиною, Δf , яка потрапляє в діапазон частот, які супроводжуються нейрональною відповіддю. Суперпозиція двох електричних полів всередині мозку призводить до електричного поля з частотою $(f_1 + f_2) / 2$, криві якого модулюються на частоті Δf (рис. 1 б).

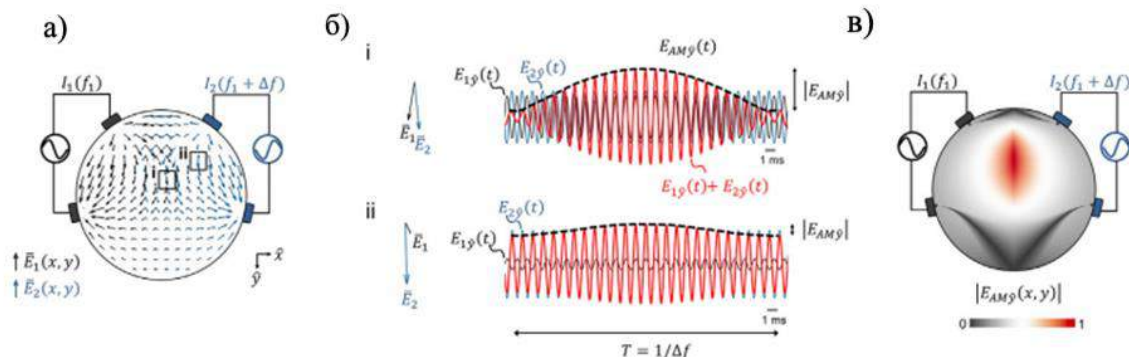


Рисунок 1 – Концепція стимуляції з ТІ [6]

Амплітуда модуляції огинаючої (пачки) в певному місці залежить від векторної суми двох застосованих векторів поля в цій точці і як результат може мати максимум у віддаленій

точці від електродів, потенційно навіть глибоко в мозку (рис. 1 в). Розташування пачки максимуму залежить від конфігурації електрода, а також властивостей форми хвиль.

Проектування приладу було розпочато зі створення медико-технічних вимог згідно існуючих стандартів. Структурна схема генератора спроектована у САПР КОМПАС та були розроблені принципові схем вузли виробу. Основними структурними елементами пристрою є генератор струму, стабілізатор струму (джерело струму), джерело живлення (акумулятор), панель індикації, що складається зі світлодіодів та регулятор амплітуди. Сигнали переключаються перемикачем, схема вмикається за допомогою кнопки. Вихід пристрою підключається до електродів. Розширена принципова схема була розроблена у середовищі Dip Trace. Вибір компонентів для приладу був здійснений згідно сучасних технологій для розробки друкованих плат, наприклад SMD резистори та конденсатори, підсилювачі AD820, DC/DC-перетворювач серії АМ-1. Досліджена схема генератора у середовищі Micro-CAP 12 працює згідно технічних вимог до апарату. Струм стимуляції регулюється по амплітуді до 1 мА, створено задавач частоти імпульсних сигналів та коливальний фільтр для генерації синусоїди.

Висновок.

Для проходження стр. крізь шкіру та череп була створена та змодельована математична модель у середовищі Micro-CAP 12. Для визначення значень елементів RC-схеми було використано значення провідностей та товщин шарів мозку. Порівняння ізотропної та анізотропної моделі показано, що струм при різних провідностях розповсюджується неоднорідно, амплітуда стр., що проходить крізь сіру речовину вище, ніж струму через кісткову тканину. Це обумовлено різним хім. складом тканин, оскільки від кількості рідини в тканині залежать її провідні властивості. У моделі було також змодельовано залежність від площі електродів та відстані між ними, залежність ємності від частоти прикладеного струму.

Еквівалентна математична модель шкіри, черепа, сірої та білої речовини показала розподіл стр. в мозку залежно від провідності тканин. Продемонстровано, що стр. у сірій речовині (дендрити та сома) має вищу амплітуду, ніж струм у черепі. При проходженні низькочастотних імпульсів практично не було активації аксонної мієлінової структури, що обумовлює необхідність застосування темпоральної інтерференції для стимулювання мозку. Тому для розвитку методу актуальним та перспективним є проведення дослідження впливу струму на двох різних частотах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Tkach, Oleg, Viktor Dubik, Oleh Ovcharuk, Lyudmila Mikhaylova, Hanna Pansyryeva, Dariia Vilchynska, Sergii Slobodian, and Oleg Gorbovy. "Technological characteristics and potential of biogas from a municipal solid waste (MSW) landfill for electricity generation." *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)* 13, no. 2 (2023): 97-108.

2. Tryhuba, A., Bashynsky, O., Garasymchuk, I., Gorbovy, O., Vilchynska, D., Dubik, V. Research of the variable natural potential of the wind and energy energy in the northern strip of the ukrainian carpathians(2020) E3S Web of Conferences, 154, art. no. 06002.

3. Горбовий О.В. Дослідження процесу залучення комах до штучних джерел оптичного випромінення / Горбовий О.В., Михайлова Л.М., Дубік В.М. // Розвиток освіти, науки та бізнесу: результати 2020: тези доп. міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 грудня 2020 р. – Україна, Дніпро, 2020. – Т.1. – С.307–310.

4. Дубік, В. М. Особливості генерації біогазу з твердих побутових відходів [Текст] / Дубік В. М., Горбовий О. В., Овчарук О. В. // Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика: зб. тез доп. Міжнар. наук. Інтернет-конф. [м. Тернопіль, 20 листоп. 2019 р.] / редкол.: Andrzej Samborski, Marcin Niemiec, В. І. Овчарук [та ін.] ; ред. О. В. Овчарук, В. Я. Хоміна. - Тернопіль : ТНЕУ, 2019. - С. 97-100.