

Біценко К.Р., магістр,  
кафедра біомедичної інженерії  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
м. Харків, Україна  
Науковий керівник: к.т.н., доцент кафедри БМІ ХНУРЕ Селіванова К.Г.

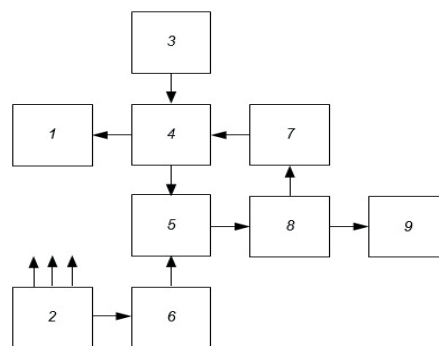
## АПАРАТНИЙ МОДУЛЬ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ М'ЯЗІВ НИЖНІХ КІНЦІВОК СПОРТСМЕНІВ

**Актуальність роботи.** Визначення стану здоров'я, фізичного розвитку та оцінка загального функціонального стану спортсмена є найважливішими завданнями лікарського контролю. Правильне рішення цього завдання має величезне значення, оскільки дозволяє не тільки вивчати вплив фізичних вправ на організм, але й відповідно до науково-медичних позицій – вдосконалювати спортивну майстерність [1]. Головною проблемою під час інтенсивних тренувань у спортсменів є накопичення молочної кислоти у м'язових волокнах, що призводить до болісних відчуттів та отруєння м'язів. Тому актуальним завданням в галузі біомедичної інженерії є розробка додаткових апаратних засобів підтримки спортивної форми з можливістю індивідуального регулювання електростимуляції, а також у перспективі режиму зменшення спазму, судом, ригідності м'язів і виведення молочної кислоти, у разі перевантаження нервово-м'язової системи людини [1-2].

**Метою** цієї роботи є розробка апаратного модуля електростимуляції м'язів нижніх кінцівок в умовах неможливості виконання фізичного тренування спортсменом або в режимі міорелаксанта для зменшення болісних відчуттів.

**Основні результати.** Першим етапом розробки електроміостимулятора є вивчення фізіологічних та біомеханічних властивостей м'язів нижніх кінцівок, а також технічних параметрів реєстрації електричної активності для проектування блоку генератора імпульсів [1-3].

Другим етапом проектування апаратного модуля електроміостимуляції є вибір елементної бази та розробка структурної схеми пристрою. У загальному вигляді будемо використовувати такі основні блоки: індикатор, батарея, мікроконтролер, транзистор, фільтр живлення, підсилювач зворотного зв'язку, трансформатор (рис. 1).



- 1 – індикатор;
- 2 – батарея;
- 3 – клавіатура;
- 4 – мікроконтролер;
- 5 – транзистор;
- 6 – фільтр живлення;
- 7 – підсилювач зворотного зв'язку;
- 8 – трансформатор;
- 9 – спортсмен.

Рис.1. Розроблена узагальнена структурна схема апаратного модуля електростимуляції м'язів нижніх кінцівок спортсменів

З метою проєктування розробленого апаратного модуля як електроміостимулятора та міорелаксанту у комплексі, була розроблена структурна схема на базі платформи ARDUINO UNO, що буде мати 2 режими роботи: 1 – безпечна електростимуляція, у випадку неможливості проведення тренувань спортсменом; 2 – зняття спазму та болю у м'язах після інтенсивних тренувань (рис. 1).

Віртуальне моделювання розробленої схеми проводилося за допомогою середовища Multisim. Ця програма має робочу панель, яка містить набірне поле, велику базу даних радіоелементів та різні вимірювальні та індикаторні прилади. Після створення файлу всі елементи, що входять у змодельовану схему, розміщуються на робочій поверхні, а потім вводяться всі зв'язки між елементами схеми.

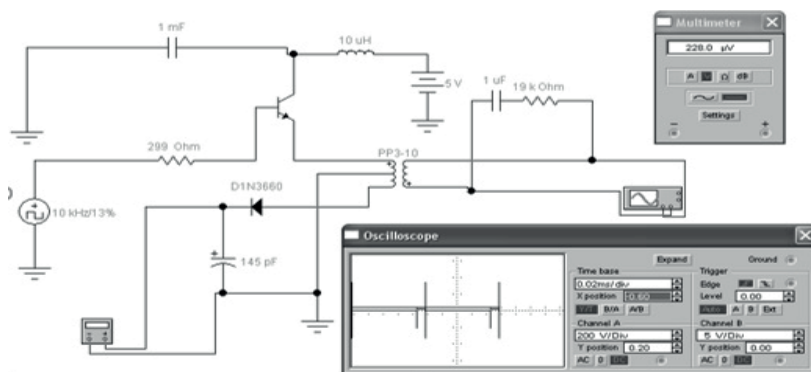


Рис.2. Розроблена імітаційна схема апаратного модуля електроміостимулятора у Multisim

Експериментальні дослідження були проведені на базі лабораторії спортивної медицини та фізичної реабілітації кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки (рис. 3). В експерименті взяв участь сам автор досліджень з метою виконання ряду спортивних тренувань для м'язів ніг та порівняння електричної активності під час стимуляції розробленим апаратним модулем. Тренування проводилося на таких тренажерах: «розумна» бігова доріжка, велотренажер та степпер, де найбільш задіяні м'язи ніг під час фізичних навантажень [4-6].



Рис. 3. Експериментальне спортивне тренування на «розумній» біговій доріжці, велотренажері та степпері для стимуляції м'язової активності ніг

Останнім етапом експериментальних досліджень було використання апаратного модуля як електростимулятора в разі невиконання спортивних тренувань та дослідження його ефективності та порівняння результатів. Електроди міостимулятора складаються з 2-ох

типів: позитивний електрод (червоний) і негативний електрод (чорний). На рис. 4 зображено експериментальне випробування розробленого електроміостимулятора на накладання електродів для порівняння стимуляції м'язової активності з реальними тренуваннями (рис. 4) [5-8].

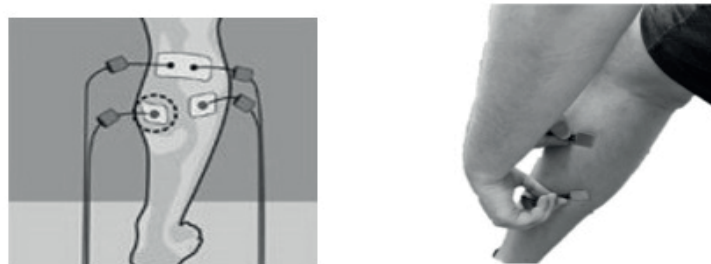


Рис. 4. Приклад схематичного та експериментального накладання електродів для електроміостимуляції м'язів нижніх кінцівок автора досліджень

**Висновки.** У такий спосіб, розроблений апаратний модуль електростимуляції м'язів ніг має практичне застосування у спортивній медицині, для реабілітації м'язів спортсменів у разі їх тривалої перерви або травми, можливості роботи модуля як міорелаксанту. Головними перевагами цієї розробки є низька собівартість, індивідуальні налаштування для стимуляції різних груп м'язів нижніх кінцівок як у жінок, так і в чоловіків.

**Список використаних джерел:**

1. Біценко К.Р. Розробка апаратного модуля електростимуляції м'язів нижніх кінцівок спортсменів / К.Р. Біценко, К.Г. Селиванова // 25-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. матеріалів форуму. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ. 2021. – 192 с. – С. 131-132.

3. Аврунин О.Г. Биомеханическая модель функционирования мышц для определения двигательных нарушений / О.Г. Аврунин, К.Г. Селиванова // Динаміка та міцність енергетичних і сільськогосподарських машин та біотехнічних систем: колективна монографія / за ред. О.В. Горика., С.Б. Ковальчука – П.: Сімон, 2015. – С. 7-10.

4. Аврунин О.Г. Автоматизированный анализ электрической активности мышц при диагностике экстрапирамидных гиперкинезов / О.Г. Аврунин, К.Г. Половенко. // Технічна електродинаміка. Тем. випуск.. – 2012. – С. 188–193.

5. Селиванова К.Г. Компьютерное моделирование механизма генерации ЭМГ сигнала в норме и при различных нервно-мышечных заболеваниях / К.Г. Селиванова // Радиоелектроника и молодежь в XXI веке: 18-й Международный молодежный форум, Том 1.: материалы конф. – Х., 2014. – С. 160-161.

6. Селиванова К.Г. Теоретические аспекты для моделирования интерференционного электромиографического сигнала / К.Г. Селиванова // Матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій», Одеса: ОНАХТ, 2013р. – С.44-45.

7. Селиванова К.Г. Методи та засоби визначення феноменів тремтіння при діагностиці функціональних уражень нервової системи : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.11.17 "Біологічні та медичні прилади і системи" / К.Г. Селиванова; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків, 2016. – 21 с.

8. Аврунин О.Г. Моделирование процессов формирования интерференционного электромиографического сигнала / О.Г. Аврунин, А.А. Гелетка, К.Г. Селиванова // Общегосударственный научно-производственный и информационный журнал «Энергосбережение, энергетика, энергоаудит». Специальный выпуск, 2013. – Том 2, № 8(14). – С. 128-133.