

Abstract. In this work the bryophytes residential areas of the city Vinnitsa, species composition and distribution features. Established bryophytes species composition of Vinnitsa. Among the identified mosses, first discovered species for this territory, previously presented in the literature. Established moss species affinity to various types of substrate. The collection and study of mosses conducted research methods routing and field meeting. Herbarium specimens of bryophytes defined standard comparative morphological method for determinants, flora and monographs on individual treatments.

Keywords: bryophytes, species composition, residential area, city Vinnitsa.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бачурина Г. Ф. Флора мохів Української РСР / Г. Ф. Бачурина, В. М. Мельничук. – Київ, 2003. – 255 с.
2. Бойко М. Ф. Чекліст мохоподібних України / М. Ф. Бойко. – Херсон, 2008. – 232 с.
3. Бойко М. Ф. Червоний список мохоподібних України / М. Ф. Бойко. – Херсон, 2010. – 94 с.
4. Бойко М. Ф. Мохоподібні степової зони України / М. Ф. Бойко. – Херсон, 2009. – 264 с.
5. Гапон С. В. Стан вивчення мохової рослинності в Україні та особливості її класифікації / С. В. Гапон. – Київ, 2004. 60 – 66 с.
6. Гапон С. В. Біоморфологічна структура бріофлори Лісостепу України. Чорноморський ботанічний журнал / С. В. Гапон. – Херсон, 2010. – Том 6, № 1. 41–47 с.
7. Данилків І. С. Словник біологічних термінів / І. С. Данилків, О. В. Лобачевська, І. В. Рабик, О. І. Щербаченко. – Львів, 2008. – 149 с.
8. Рабик І. В. Мохоподібні (Нератісорфита, Bryophyta) болота Немирів. Наукові записки Державного природознавчого музею / І. В. Рабик, І. С. Данилків. – Львів, 2008. – С. 115–126.
9. Чорна Г. А. Історія вивчення рослинного покриву Вінниччини. Автохтонні та інтродуковані рослини / Г. А. Чорна, А. А. Куземко. – Умань, 2011. – Вип. 7. 135–144 с.

УДК

НИЗЬКО-БЮДЖЕТНИЙ ІЗОЛЬОВАНИЙ СТРУМОВИЙ СТИМУЛЯТОР ДЛЯ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕН НА ОСНОВІ ПЛАТФОРМИ ARDUINO

К. В. Луданов, А. М. Міщенко

Анотація. Ізольований струмовий стимулятор пристрій, що широко використовується в експериментальній електрофізіології. В цій статті розглядається розробка і застосування дуже дешевого ізольованого струмового стимулятора для фізіологічних досліджень. Часові характеристики стимулюючого сигналу цього стимулятора контролюються за допомогою комп'ютера або відповідно запрограмованої плати *ArduinoNano*. *Потужність стимулятора 0.1Вт, діапазон зміни вихідної напруги 0-35 В.*

Ключові слова: земляний хробак, стимулятор, плата *Arduino*, підсилювач, нервово волокно.

Електрична стимуляція широко використовується в електрофізіологічних дослідженнях для визначення закономірностей збудливих тканин на зовнішні подразники. Цей метод може бути застосований до різноманітних препаратів: від штучно вирощеної нервової тканини чи мозку тварин, що вільно рухаються, до рослин. Фізіологічні експерименти на нервовій та м'язовій тканині є складовою частиною багатьох програм підготовки спеціаліста біолога.

До стимуляторів, що використовуються в електрофізіологічних дослідженнях пред'являються наступні вимоги. (1) Існують стимулятори, які підтримують постійне значення напруги чи струму. Стимулятор постійного струму є кращим із двох причин. Перша струм є величиною, що стимулює більшість збудливих тканин. Друга якщо під час експерименту змінюється опір електродів чи тканини, що стимулюється, стимулятор постійного струму буде відчувати «зміни» опору і відповідно змінювати величину напруги. Тобто стимуляція струмом дозволяє досягти більшої стабільності параметрів стимуляції фізіологічних препаратів в часі. (2) Стимулятор має бути ізольований, тобто його земля має бути ізольована від землі пристрою, що використовується для вимірювання електричного відгуку збудливої тканини, а також від землі джерела

живлення, якщо стимулятор не використовує автономне живлення. Це буде зменшувати появу артефактів під час реєстрації відгуку збудливої тканини. (3) Імпеданс препаратів, що піддаються еклектичній стимуляції може значним чином відрізнятись. При високих значеннях імпедансу, для того, щоб стимулятор здатен був підтримувати заданий рівень струму йому необхідно видавати на електроди більше значення напруги. Отже, ще одною характеристикою стимулятора постійного струму є діапазон його зміни вихідної напруги. (4) Від часу наростання і спаду вихідного сигналу стимулятора буде залежати точність часових характеристик стимулюючого сигналу. (5) Точність значення вихідної величини вихідного сигналу стимулятора, також буде залежати від його рівня шуму.

Існують готові комерційні варіанти стимуляторів постійного струму для фізіологічних досліджень. Ціни на стимулятори, що призначені для проведення студентських лабораторних робіт можуть бути більш дешевими, їх ціна починається від тисячі доларів. Також в літературі [2–4, 6–8] існують альтернативні варіанти низькобюджетних стимуляторів. Деякі з них є стимуляторами постійної напруги, а деякі стимулятори постійного струму. Не дивлячись на те, що ці пристрої є на порядок дешевшими від комерційних варіантів, тим не менше їх ціна залишається достатньо високою, особливо, якщо потрібно виготовити декілька копій такого пристрою.

В цій статі розглядається розробка і застосування дуже дешевого ізольованого струмового стимулятора для фізіологічних досліджень часові характеристики стимулюючого сигналу цього стимулятора контролюються за допомогою комп'ютера або відповідно запрограмованої плати Arduino. Потужність стимулятора 0.1Вт, діапазон зміни вихідної напруги 0-35 В.

Матеріали і методи дослідження. Стимулятор складається із аналогової (Рис.1) і цифрової частини. Цифрова частина представлена платою ArduinoNano, аналогова частина представляє собою кероване напругою джерело постійного струму. Цифрова частина визначає часові характеристики стимулюючого сигналу. На виході плати ArduinoNano формуються прямокутні імпульси амплітудою 5 В, які передаються на вхід джерела постійного струму і призводять до формування на його виході імпульсів струму із такими ж часовими характеристиками. Для плати ArduinoNano був написаний скетч, який за перериваннями таймеру 1 з певною періодичністю вмикає напругу (5 В) на одному з її цифрових виходів. Параметри періодичної послідовності прямокутних імпульсів, що утворюються на цифровому виході плати ArduinoNano визначаються трьома числами що визначають: (1) затримку початку генерації послідовності; (2) тривалість включення; (3) тривалість виключення. Ці параметри передаються в плату ArduinoNano з комп'ютера по протоколу RS232. Для передачі цих параметрів з комп'ютера на плату ArduinoNano були написані відповідні скрипти в пакеті Octave (MATLAB).

Керуючий сигнал з цифрової частини передається на аналогову через оптрон 4n25 (Рис.1). Цей оптрон здійснює гальванічну розв'язку цифрової і аналогової частин, він має типовий час включення/виключення 2 мкс та напругу ізоляції 5 кВ.

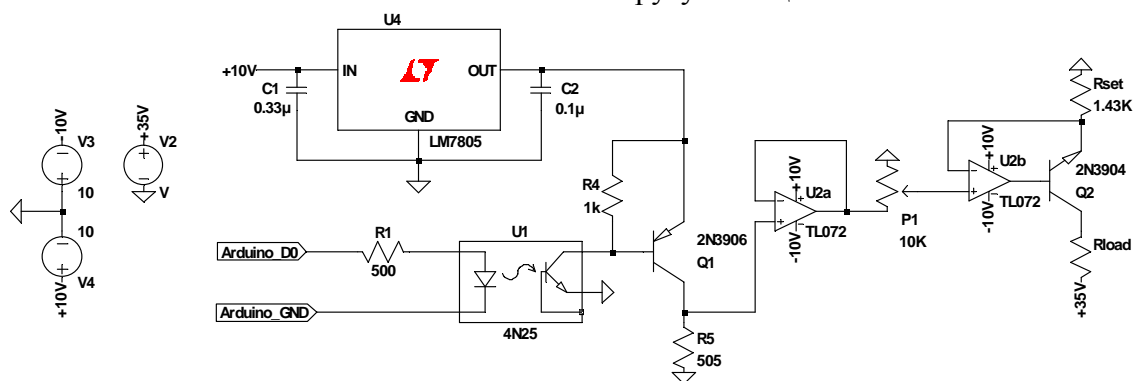


Рис.1. Схема стимулятора

Амплітуда керуючого сигналу, що формується на виході оптрону так само має амплітуду 5 В але вона може бути зменшена за допомогою потенціометра P1 (Рис.1). Джерело струму

побудоване за допомогою операційного підсилювача (U2b) і підключеного до нього транзистора (Q2). Був використаний стандартний операційний мало шумний підсилювач TL072 він має біполярне живлення до ± 18 В. Також особливістю цього підсилювача є висока швидкість наростання вихідної напруги (типове значення 13 Вт/мкс). В цій схемі вихідний струм пропорційний величині напруги, що прикладена до неінвертуючого входу (V_{IN}) операційного підсилювача. Струм який протікає через опір навантаження (R_{load}) приблизно дорівнює V_{IN}/R_{SET} . Тобто в нашому випадку максимальний струм через опір навантаження буде складати $5В/1.43кОм \approx 3.5mA$. Оскільки напруга, яку ми подавали на колектор транзистора Q2 складає 35 Вт найбільший опір навантаження в якому стимулятор здатен створити такий струм буде 10 кОм. Напруга 35 Вт була отримана нами за допомогою дешевого підвищувального DC-DC перетворювача XL6009E. Цей перетворювач має вхідну напругу 3-32В і вихідний струм до 4А.

Симуляція роботи аналогової частини стимулятора здійснювалась в програмі LTspice XVII [9].

Крім симуляції, робота стимулятора тестувалась спочатку з використанням в якості навантаження резистора 10 кОм. Також ми провели електрофізіологічний експеримент по вивченню збудливості гігантських нервових волокон інтактних анестезованих земляних хробаків [1,5]. Анестезія хробаків здійснювалась за допомогою 10 % розчину етанолу. Відведення електричної активності, а також стимуляція здійснювалась за допомогою сталевих електродів з поверхні хробака. Схема експерименту наведена на Рис. 2. Між стимулюючими і реєструючими електродами здійснювалось заземлення хробака для зменшення артефактів в реєстрованому сигналі.

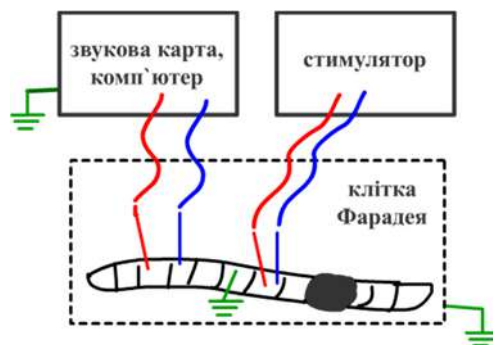


Рис.2 Схема відведення активності та екстраклітинної стимуляції гігантських нервових волокон земляного хробака (*Lumbricina*)

Результати і їх обговорення. На Рис. 3 показані симуляції роботи аналогової частини схеми в програмі LTspice XVII. В цій симуляції на вхід аналогової частини подавались прямокутні імпульси амплітудою 5 В та тривалістю 20 мкс (сигнал V_1 на Рис. 3). На Рис. 3 показана напругу, що виникає при цьому на позитивному вході операційного підсилювача U2b (сигнал V_2), а також показаний вихідний струм на резисторі R_{load} . (сигнал I_{load}). З цього малюнку видно, що час наростання і спаду вихідного сигналу є меншим за 1 мкс.

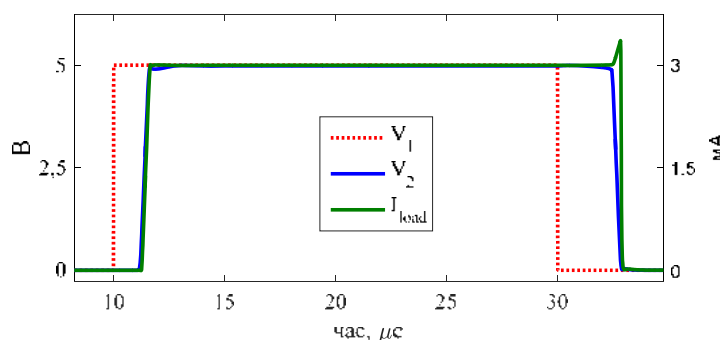


Рис. 3. Результати симуляції аналогової частини стимулятора

Практично симулятор тестувався в фізіологічному експерименті, що виконується студентами на практичних заняттях. Здійснювалась симуляція гігантських нервових волокон земляного хробака (Рис.4). В експерименті здійснювалась стимуляція цього нерву прямокутними імпульсами струму різної величини і тривалості. На Рис. 4А показаний приклад реєстрації потенціалу дії, що виникав при стимуляції імпульсами величиною 0.3мА та тривалістю 0.5мс, пауза між послідовними імпульсами 1с. На Рис. 4Б наведена середня форма потенціалу дії, що виникав після кожного стимулу. Форма зареєстрованого потенціалу має складну будову оскільки крім реєстрації активності самого нервового волокна до нього також додається електрична активність м'язів [5]. Також перед виникненням потенціалу дії можна бачити артефакт, що виникає завдяки стимуляції препарату.

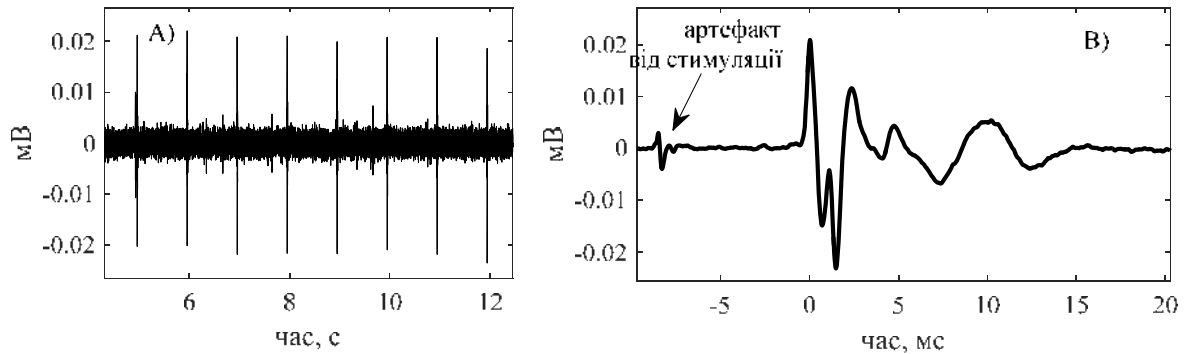


Рис. 4. Результати реєстрації потенціалу дії гігантських нервових волокон земляного хробака

Була отримана залежність сила стимулу-тривалість, для діапазону тривалостей стимулу 100-600 мкс, Рис.5. На цьому малюнку показана крива отримана в нашому експерименті (крива 1), а також для порівняння наведена аналогічна залежність [5] (крива 2).

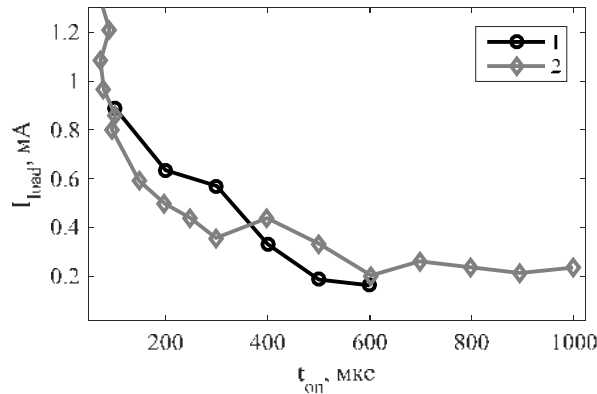


Рис.5. Залежність величина стимулу-тривалість

Аннотация. Изолированный токовый стимулятор устройство которое широко используется в экспериментальной электрофизиологии. В этой статье рассматривается разработка и применение очень дешевого изолированного токовой стимулятора для физиологических исследований. Временные характеристики стимулирующего сигнала этого стимулятора контролируются с помощью компьютера или соответственно запрограммированной платы ArduinoNano. Мощность стимулятора 0.1Вт, диапазон изменения выходного напряжения 0-35 В.

Ключевые слова: земляной червь, стимулятор, плата Arduino, усилитель, нервное волокно.

Abstract. Electrical stimulus isolator is widely used in experimental electrophysiology. The article considers development and practical testing very low-cost electrical stimulus isolator for physiological studies. The timing characteristics of the stimulating signal of this stimulator are controlled by a computer or an appropriately programmed ArduinoNano board. The power of the stimulator is 0.1W, the voltage compliance is 35 V.

Key words: earthworm, stimulator, Arduino board, amplifier, nerve fiber.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Bähring R., Bauer C. K. Easy method to examine single nerve fiber excitability and conduction parameters using intact nonanesthetized earthworms . *Advances in Physiology Education*. – 2014. – № 3 (38). – С. 253–264.
2. Güçlü B. Low-cost computer-controlled current stimulator for the student laboratory. *Advances in Physiology Education*. – 2007. – № 2 (31). – С. 223–231.
3. Holcomb M. R. [и др.]. Universal serial bus powered and controlled isolated constant-current physiological stimulator. *The Review of Scientific Instruments*. – 2008. – № 12 (79).
4. Holcomb M. R. [и др.]. Continuous-waveform constant-current isolated physiological stimulator. *The Review of Scientific Instruments*. – 2012. – № 4 (83).
5. Kladt N., Hanslik U., Heinzel H.-G. Teaching Basic Neurophysiology Using Intact Earthworms. *Journal of Undergraduate Neuroscience Education*. – 2010. – № 1 (9). – С. A20–A35.
6. Land B.R. [и др.]. Tools for Physiology Labs: Inexpensive Equipment for Physiological Stimulation. *Journal of Undergraduate Neuroscience Education*. – 2004. – № 1 (3). – С. A30–A35.
7. J.I.Sanders, A. A Kepecs low-cost programmable pulse generator for physiology and behavior. *Frontiers in Neuroengineering*. – 2014. – (7).
8. Sheinin A., Lavi A., Michaelevski I. StimDuino: An Arduino-based electrophysiological stimulus isolator. *Journal of Neuroscience Methods*. – 2015. – (243). – P. 8–17.
9. www.linear.com