

Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Розробка навчального автоматизованого симулятора для вивчення
електропровідності біологічних об'єктів»

Виконала: студентка 2 курсу, групи ЗАКІТР-24м
спеціальності 174 – Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка

(шифр і назва спеціальності)

Людмила НЕСТЮК

(ПІБ студента)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри АІТ

Ярослав КУЛИК

(науковий ступінь, вчене звання / посада, ПІБ керівника)

« 10 » листопада 2025 р.

Опонент: к.т.н., проф. каф. КН

Олег КОЛЕСНИЦЬКИЙ

(науковий ступінь, вчене звання / посада, ПІБ опонента)

« 18 » листопада 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АІТ

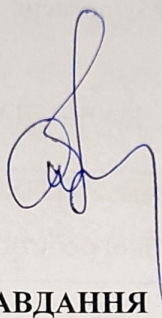
д.т.н., проф. Олег БІСІКАЛО

(науковий ступінь, вчене звання)

« 12 » листопада 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій
Рівень вищої освіти II-ий (магістерський)
Галузь знань – 17 - Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
Спеціальність – 174 - Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка
Освітньо-професійна програма – Інформаційні системи і Інтернет речей



ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АІТ
д.т.н., проф. Олег БІСКАЛО
« 26 » вересня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Нестюк Людмилі Юріївні
(ПІБ автора повністю)

1. Тема роботи: Розробка навчального автоматизованого симулятора для вивчення електропровідності біологічних об'єктів.
Керівник роботи: к.т.н., доцент каф. АІТ Кулик Я. А.
Затвердженні наказом ВНТУ від « 24 » вересня 2025 року № 313.
2. Строк подання роботи студентом: до « 12 » грудня 2025 року.
3. Вихідні дані до роботи: Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з фізики на тему «Вивчення електропровідності біологічних об'єктів»; 15 тестових запитань з варіантами відповідей; Вибірки реальних даних по 4 таблиці для кожного досліді.
4. Зміст текстової частини: Вступ; Дослідження предметної області, основних понять лабораторної роботи та існуючих програмних аналогів; Проектування та графічне зображення архітектури системи, розробка інструкцій користувача та вибір інструментів розробки системи; Розробка програмного забезпечення, розгортання та тестування системи; Висновки; Перелік посилань.
5. Перелік ілюстративного (або графічного) матеріалу: UML-діаграма варіантів використання; UML-діаграма активності; UML-діаграма послідовності; UML-діаграма розгортання; початкова сторінка симулятора; фінальна сторінки симулятора.

6. Консультанти розділів роботи

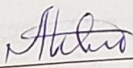
Розділ змістової частини роботи	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 3	Ярослав КУЛИК, к.т.н., доцент кафедри АІТ	25.09.2025 	05.12.2025 

7. Дата видачі завдання: «25» вересня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз предметної області	25.09 – 05.10.2025	Вик.
2	Проектування програмного забезпечення	05.10 – 15.10.2025	Вик.
3	Розробка програмного забезпечення	15.10 – 10.11.2025	Вик.
4	Тестування розробленого програмного забезпечення	05.11 – 20.11.2025	Вик.
5	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу і презентації	20.11 – 03.12.2025	Вик.
6	Попередній захист роботи	до 03.12.2025	Вик.
7	Захист роботи	до 19.12.2025	Вик.

Студентка


(підпис)

Люмила НЕСТЮК
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Ярослав КУЛИК
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 004.057.7+371.315.2

Нестюк Л. Ю. Розробка навчального автоматизованого симулятора для вивчення електропровідності біологічних об'єктів. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка, освітньо-професійна програма – Інформаційні системи і Інтернет речей. Вінниця: ВНТУ, 2025. 119 с.

Українською мовою. Бібліогр.: 29 назв; рис.: 29; табл.: 5.

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробці навчального симулятора для виконання лабораторної роботи з фізики з використанням сучасних веб-технологій. Розроблена система комплексно інтергує усю лабораторну роботу в онлайн формат, повністю автоматизуючи проведення дослідів, для виконання в дистанційному або онлайн режимі та забезпечує цілісність роботи й об'єктивність її оцінювання.

У роботі досліджується проблематика зношення, руйнування та недоступності фізичних приладів для виконання лабораторних дослідів в українських ВНЗ, а також визначається роль та рівень залучення симуляційного ПО в навчанні студентів прикладним дисциплінам в Європі. На основі розглянутих аналогів було визначено конкретну мету і задачу розробки. Спроековано архітектуру навчального веб-симулятора для виконання лабораторної роботи з фізики, складено перелік інструкцій користувача, створено зовнішній вигляд додатку, розроблено програмне забезпечення, здійснено розгортання і тестування готового продукту, а також проведено порівняння отриманих даних з реальними фізичними показниками.

Ключові слова: симулятор, навчальний засіб, лабораторна робота, фізика, веб-розробка, дистанційне навчання.

ABSTRACT

Nestyuk L. Y. Development of an educational automated simulator for studying the electrical conductivity of biological objects. Master's qualification work in the specialty 174 - Automation, computer-integrated technologies and robotics, educational and professional program - Information systems and the Internet of Things. Vinnytsia: VNTU, 2025. 119 p.

In Ukrainian language. Bibliography: 29 titles; fig.: 29; tab.: 5.

The master's qualification work is devoted to the development of an educational simulator for performing laboratory work in physics using modern web technologies. The developed system comprehensively integrates all laboratory work into an online format, fully automating the conduct of experiments, for performance in remote or online mode and ensures the integrity of the work and the objectivity of its evaluation.

The paper investigates the issue of wear, destruction and unavailability of physical devices for laboratory experiments in Ukrainian universities, and also determines the role and level of involvement of simulation software in teaching students applied disciplines in Europe. Based on the considered analogues, a specific goal and task of development were determined. The architecture of an educational web simulator for performing laboratory work in physics was designed, a list of user instructions was compiled, the appearance of the application was created, the software was developed, the deployment and testing of the finished product was carried out, and the obtained data was compared with real physical indicators.

Keywords: simulator, educational tool, laboratory work, physics, web development, distance learning.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	8
1.1 Дослідження проблематики сучасного стану надання освітніх послуг ..	8
1.2 Аналіз рівня залученості симуляторів в галузі освіти	9
1.3 Поняття електропровідності біологічних об'єктів та її лабораторне вимірювання	13
1.4 Огляд аналогів	16
1.4.1 COMSOL Multiphysics	16
1.4.2 Відкрите середовище руEIT.....	19
1.4.3 Апаратно-програмний симулятор OpenEIT	21
1.5 Висновки першого розділу	24
2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	26
2.1 Архітектура системи	26
2.2 Побудова UML-діаграм	29
2.2.1 UML-діаграма варіантів використання.....	29
2.2.2 UML-діаграма активності	31
2.2.3 UML-діаграма послідовності	32
2.2.4 UML-діаграма розгортання.....	33
2.3 Розробка локальних інструкцій виконавцю лабораторної роботи	35
2.4 Вибір інструментів розробки	39
2.5 Висновки другого розділу	41
3 РОЗРОБКА ТА РОЗГОРТАННЯ НАВЧАЛЬНОГО СИМУЛЯТОРА ..	43
3.1 Розробка дизайну веб-сторінок.....	43
3.2 Front-end та Back-end розробка.....	45
3.3 Розгортання системи	54
3.4 Тестування автоматизованого симулятора.....	57
3.5 Аналіз отриманих результатів	69

3.5.1 Часові характеристики виконання лабораторної роботи.....	70
3.5.2 Порівняння числових результатів	73
3.6 Висновки третього розділу.....	75
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79
ДОДАТКИ.....	80
Додаток А (обов'язковий) Технічне завдання.....	81
Додаток Б (обов'язковий) Ілюстративна частина.....	86
Додаток В (обов'язковий) Лістинг програми	93
Додаток Г (обов'язковий) Акт впровадження.....	117
Додаток Д (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи..	119

ВСТУП

В умовах стрімкого розширення цифрового інформаційного середовища, яке характеризується безмежністю ресурсів і постійним оновленням знань, роль закладів освіти, як активних учасників процесу цифрової трансформації, стає особливо значущою. Сучасна освіта вимушена адаптуватися до нових реалій, у яких ефективність навчального процесу значною мірою залежить від здатності впроваджувати інноваційні технології, модернізувати традиційні методики викладання та забезпечувати студентів доступними і сучасними інструментами для здобуття практичних навичок.

Паралельно з цим, неупинний розвиток технологій висуває дедалі жорсткіші вимоги до матеріально-технічної бази закладів освіти. Існуюче обладнання поступово зазнає старіння, зношується та часто перестає відповідати актуальним стандартам і потребам навчальних програм. Це створює суттєві перешкоди для якісної організації освітнього процесу, особливо в тих галузях, де практична складова є невід'ємною частиною засвоєння навчального матеріалу. До таких дисциплін належить, зокрема, фізика – базовий предмет для студентів технічних і медичних спеціальностей, що традиційно супроводжується виконанням широкого спектру лабораторних робіт. Лабораторні заняття з фізики передбачають використання спеціалізованих приладів, вимірювального обладнання та експериментальних установок. Однак у багатьох навчальних лабораторіях ці ресурси представлені в обмеженій кількості, а частина з них регулярно виходить з ладу через інтенсивну експлуатацію або моральну застарілість. Така ситуація ускладнює доступ студентів до необхідних інструментів і негативно впливає на можливість повноцінного проведення запланованих експериментів. Додатковим чинником, що загострює проблему, є перехід закладів освіти до дистанційних форм навчання, спричинений карантинними обмеженнями та іншими надзвичайними обставинами сьогодення. У таких умовах використання традиційного лабораторного

обладнання стає практично неможливим, що призводить до часткової або повної втрати практичної складової навчальних дисциплін. Відсутність доступу до апаратних засобів унеможлиблює виконання лабораторних робіт, як студентами, так і викладачами. Що, в свою чергу, значно ускладнює реалізацію навчальних планів.

Наслідком таких обмежень є помітне зниження рівня сформованих компетентностей, погіршення якості засвоєння навчального матеріалу та зменшення ефективності освітнього процесу в цілому. У результаті, якість надання освітніх послуг в окремих дисциплінах суттєво погіршується, що підкреслює необхідність впровадження альтернативних сучасних рішень, здатних компенсувати дефіцит обладнання та забезпечити безперервність навчання навіть за умов віддаленого доступу.

Для вирішення цієї проблеми в локальному розрізі, було розроблено комплексний веб-симулятор, що надає студентам змогу виконувати практичну частину завдань в зручному онлайн-форматі. На даний момент в симуляторі представлено лабораторну роботу, що має назву «Дослідження електричного опору біологічних тканин» та загалом передбачено до виконання у курсі фізики Вінницького національного медичного університету.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності дистанційного навчання шляхом розробки методу та програмного забезпечення для виконання лабораторної роботи з фізики на тему «Дослідження електропровідності біологічних об'єктів» [1].

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі задачі:

- проаналізувати сучасний стан забезпечення вищих навчальних закладів методичними матеріалами для дистанційного навчання;
- розробити рішення, що модифікуватиме традиційний метод проведення лабораторного заняття;
- розробити програмний засіб, що втілював би зазначений задум та провести його тестування.

Об'єктом дослідження даної магістерської роботи є лабораторна робота, на основі якої було створено онлайн-симулятор для її проведення.

Предметом дослідження даної магістерської роботи є особливості впливу дистанційного навчання на успішність студентів. А також визначення основних критеріїв підвищення ефективності дистанційного навчання за допомогою сучасних веб-технологій.

Методи дослідження. У роботі використано аналітичні методи дослідження шляхів модифікації навчального процесу та інтеграції симуляційного програмного забезпечення в процес навчання студентів. Застосовано інструменти веб-технологій для реалізації спроектованого продукту.

Науково-технічний результат полягає в інтеграції сучасних веб-технологій з методиками викладання фізики, що дозволяє моделювати лабораторні експерименти з високим ступенем інтерактивності та реалізму. Розробка враховує педагогічні принципи активного навчання, а також адаптацію до індивідуального темпу роботи студентів, що робить процес освоєння матеріалу більш ефективним в порівнянні з традиційними підходами.

Розробка відповідає актуальним тенденціям в області цифрової освіти. Зокрема, Цілям сталого розвитку ООН: 4 – Якісна освіта, 9 – Інновації та інфраструктура. А також, програмі МОН «Цифрова трансформація освіти і науки», Стратегічна ціль 1 – Цифрове освітнє середовище є доступним та сучасним. Окрім того, симулятор реалізує принципи відкритого доступу, адаптивної освіти та використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), що робить його сумісним з міжнародними стандартами e-learning.

Розроблений веб-додаток є спеціалізованим програмним забезпеченням, що надає користувачу можливість проведення емуляції електричних схем фізичних установок для виконання лабораторних робіт з фізики.

Практична цінність полягає в розробці комплексного навчального онлайн-симулятора, що реалізує цифровий підхід до надання знань та може бути

інтегрованим в учбовий процес як повноцінна альтернатива чи доповнення до традиційних лабораторних занять.

Метод модифікації реального досліду розробляється з урахуванням усіх деталей процесу проведення лабораторного заняття, що дозволяє максимально наслідувати звичний формат проведення лабораторних дослідів зі зручним проведенням вимірювань, при цьому зменшуючи впливу людського фактору та можливості виникнення небезпечних ситуацій з приладами.

Апробація результатів та публікацій. За результатами даної роботи опубліковано тези доповідей [1] на міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)».

Акт впровадження №1/20.11.25 підтверджує, що комплексна веб-система для виконання лабораторної роботи з фізики під час дистанційного навчання впроваджена у Вінницькому національному медичному університеті ім. М. І. Пирогова.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Дослідження проблематики сучасного стану надання освітніх послуг

В умовах нестабільної ситуації сьогодення, коли люди не можуть бути впевненими у безпечності завтрашнього дня, дуже серйозного удару зазнає система освіти, що останніх кілька років намагається втримати оптимальний рівень доступності для освітян під час вимушеного переходу на дистанційне навчання.

Національне агентство із забезпечення якості вищої освіти (NAQA) у своєму звіті за 2025 рік зазначає, що функціонування системи вищої освіти в умовах повномасштабних воєнних дій висвітлює нові проблеми та виклики для педагогів: евакуація навчальних закладів з окупованих територій та прифронтової зони; руйнування навчальних корпусів, лабораторій та іншої інфраструктури; переміщення, важкий психоемоційний стан учасників навчального процесу тощо. Все це вплинуло не лише на якість освітнього процесу та його сприйняття всіма учасниками та зацікавленими сторонами, але і на реалізацію процедур забезпечення якості, включаючи реалізацію інших уповноважень Національного агентства [2].

У своєму звіті «Analysis of war damage to the Ukrainian science sector and its consequences» ЮНЕСКО пише, що умови проведення наукових та експериментальних робіт в Україні значно погіршилось після російського вторгнення. А в результаті пошкоджень та руйнувань, завданих будівлям, 750 одиниць наукового і технологічного обладнання, що використовувалось в широкому спектрі досліджень було повністю знищено або виведено з ладу [3].

Крім того, слід зважати на те, що використання навчальними закладами необхідного лабораторного обладнання обмежується ще і через застарілість вживаних приладів, які можуть виходити з ладу не від якихось конкретних пошкоджень, а через звичайне зношення, що також унеможливорює належне проведення лабораторних та практичних занять.

Всі ці фактори значно впливають на якість викладання специфічних профільних дисциплін у вищих навчальних закладах країни, що в подальшому створює серйозні перешкоди на шляху до зрощення висококваліфікованих спеціалістів, які згодом візьмуть участь у післявоєнній відбудові нашої держави. Таким чином, очевидною стає ідея забезпечення вищих навчальних закладів належним програмним забезпеченням для безболісного переходу на дистанційне навчання. Важливо створити такий програмний продукт (або їх низку), який би максимально наближено відповідав реальному заняттю проведеному в лабораторії.

Дана магістерська робота присвячена створенню такого програмного забезпечення. А саме, симулятора, що буде імітувати роботу приладів необхідних для виконання лабораторної роботи з фізики.

1.2 Аналіз рівня залученості симуляторів в галузі освіти

Симулятор – це програмний або апаратно-програмний засіб, який імітує реальний процес, пристрій або явище, дозволяючи людині керувати ним або вивчати його у віртуальному середовищі без ризику або необхідності наявності цього об'єкта.

Симулятор у своєму класичному розумінні має ряд основних функцій використання, до яких належить відтворення ключових аспектів реального процесу чи пристрою (імітація); надання користувачеві можливості взаємодіяти з віртуальним середовищем та керувати ним; використання для набуття навичок або відпрацювання дій у безпечних умовах в рамках навчання або тренування; моделювання ситуацій для аналізу, вивчення гіпотез та оцінки наслідків без реального ризику в дослідженнях та прогнозуванні процесів; використання в розважальних цілях [4].

Що стосується навчальних симуляторів зокрема, вони мають власний спектр застосування, а саме:

- Медицина та охорона здоров'я – тренажери для хірургів, стоматологів, анестезіологів; віртуальних пацієнтів.
- Інженерія та технічні спеціальності – симулятори роботи верстатів, енергетичних установок, автомобільних та авіаційних систем.
- Економіка та менеджмент – бізнес-симуляції, моделювання ринків та управлінських рішень.
- Педагогіка та психологія – симулятори поведінки учнів, моделей комунікації.

І в кожній з цих галузей симулятори можуть використовуватися по-різному. Так для дослідницьких проєктів вони моделюють необхідні процеси, допомагають студентам аналізувати складні явища, недоступні для прямого експерименту. При використанні симуляторів в інженерних дисциплінах вони застосовуються для проєктування пристроїв та систем з фізичною поведінкою. А при інтеграції симуляторів з лабораторними заняттями, перші замінюють реальні пристрої та найбільше стають в нагоді при дистанційному навчанні.

Що стосується симуляторів саме фізичних процесів, на які спрямована дана магістерська робота, їх також можна класифікувати за родом симуляції, а саме:

- механічні системи;
- електричні кола та магнетизм;
- теплові та гідродинамічні процеси;
- квантові та атомні явища;
- хвильові явища та оптика.

Що стосується використання симуляторів саме у вивченні електропровідності, то вони суттєво підвищують якість засвоєння матеріалу, мотивацію та розвиток практичних навичок. Використання симуляцій дозволяє безпечно експериментувати, візуалізувати складні процеси й адаптувати освітній процес до індивідуальних потреб кожного студента.

Симулятори особливо корисні на етапах пояснення нової теми, закріплення знань і контролю навичок. Вони допомагають студентам візуалізувати фізичні явища, працювати з електричними моделями біологічних тканин і співвідносити теорію з практикою. А саме:

- Пояснення нової теми, що супроводжується демонстрацією симуляції, акцентуючи на зміні параметрів і наслідках, значно посилює наочність і ефект залучення студентів.
- Етап закріплення знань, що пропонує розв'язання задач із наступною перевіркою результатів у симуляторі забезпечує зворотний зв'язок і стимулює самостійну роботу.
- Використання симуляторів для індивідуалізованого навчання дозволяє студентам обирати рівень складності, швидкість освоєння тем або повторювати експерименти для глибшого розуміння матеріалу.

Віртуальне середовище надає користувачам змогу виконувати експерименти, які важко або небезпечно реалізувати в реальності, та повторювати їх необмежену кількість разів без ризику пошкоджень або матеріальних витрат. А також інтерактивно досліджувати провідність різних матеріалів і збирати електричні кола, що підсилює розуміння закономірностей та причинно-наслідкових зв'язків.

Проте, не можна забувати про необхідність чіткого структурування завдання для роботи з симуляторами і передбачати їх об'єктивне оцінювання, зокрема – перевірку точності отриманих результатів і обґрунтування студентами своїх дій та висновків. Також рекомендовано поєднувати використання симуляторів із традиційними методами навчання для підвищення рівня відповідальності й формування цілісного бачення теми. Ефективність підвищується за рахунок поєднання індивідуальної, групової та компетентнісно орієнтованої роботи під час використання симуляторів у вивченні електропровідності.

Тут також можна зазначити як Physical Review Journals APS у своїй статті «Physics lab courses under digital transformation: A trinational survey among university lab instructors about the role of new digital technologies and learning objectives» пише про результати опитування, проведеного серед викладачів фізичних лабораторій в університетах Німеччини, Фінляндії, Хорватії та Австрії. Результати анкетування показали, що викладачі лабораторних курсів вже використовують різноманітні цифрові технології, адже пандемія особливо посилила використання смартфонів та планшетів, симуляторів а також цифрових інструментів для комунікації, співпраці та організації. Опитувані викладачі зазначають: «Учасники в цілому виявили позитивне ставлення до використання цифрових технологій в курсах лабораторних робіт з фізики, особливо через потенціал в експериментуванні та для набуття студентами компетенцій, мотиваційних ефектів та актуальності» [5].

Переваги симуляторів:

- Безпека та контроль: можна відпрацювати нетипові або небезпечні ситуації.
- Інтерактивність: активна участь студента посилює запам'ятовування.
- Економія ресурсів: не потрібні витратні матеріали та складне обладнання.
- Адаптивність: симулятор можна налаштувати під рівень та темп конкретного студента.
- Доступність: віртуальні лабораторії дозволяють студентам із різних регіонів отримувати однаковий доступ до практики.

1.3 Поняття електропровідності біологічних об'єктів та її лабораторне вимірювання

Як усім відомо, електропровідність загалом – це здатність речовини проводити електричний струм. Однак, у випадку біологічних об'єктів це визначення стає більш комплексним та складним.

Електропровідність біологічних об'єктів – це здатність тканин, клітин та біологічних рідин проводити електричний струм, обґрунтована наявністю іонів та полярних молекул в їхньому складі. Також електропровідність біооб'єктів відображає їх здатність до переносу електричного заряду під дією зовнішнього електричного поля [7].

На відміну від металічних провідників, де перенос зарядів здійснюється електронами, в біологічних середовищах основну роль грають іони та полярні молекули. Таким чином, провідність тканин залежить від їхньої структури, ступеня гідратації, температури, частоти поля та складу електролітів, адже визначається внутрішньою організацією клітин та розподілом позаклітинних та внутрішньоклітинних рідин. Клітинні мембрани, що володіють діелектричними властивостями, створюють опір струму в той час як електролітичні розчини всередині та між клітинами забезпечують струмопровідність.

Як було зазначено вище, в біологічних системах електричний струм переноситься переважно іонами у водних розчинах, а кліткові мембрани виступають в ролі діелектриків, що розділюють провідимі області. Тому тканини виявляють не лише опір, а і ємнісні властивості. Саме з цієї причини звичайне поняття електропровідності стає недостатнім, а для більш повного опису використовується комплексний імпеданс.

Імпеданс можна розглядати як узагальнену характеристику електропровідності в частотній області. При низьких частотах вимірюваний опір в більшій мірі визначається провідністю позаклітинної рідини, тоді як при високих частотах струм частково проходить через клітинні мембрани та вклад внутрішньоклітинного простору зростає. В біофізиці та медичній електроніці

поняття імпедансу та електропровідності набули спільного використання, оскільки вони описують різні аспекти одного і того ж явища. Електропровідність дає скалярну оцінку здатності тканини проводити струм, тоді як імпеданс являє собою комплексну величину, що дозволяє враховувати частотні та фазові характеристики [8].

Комплексне використання цих параметрів дає можливість побудувати більш повну модель електричної поведінки тканин та широко застосовується в методах біоімпедансного аналізу, електротомографії та оцінки стану біоматеріалів. Для підготовки кваліфікованих спеціалістів в цій галузі, дослідження електропровідності набуло широкого використання в матеріалах лабораторних робіт відповідних навчальних закладів. Для кращого розуміння алгоритму проведення подібного дослідження розглянемо детальніше одну з таких лабораторних, що має тему «Дослідження електропровідності біологічних об'єктів».

Дана лабораторна робота складається з двох завдань, для виконання яких потрібно володіти такими поняттями, як:

- Активний опір.
- Ємнісні властивості біологічних тканин.
- Індуктивні властивості біологічних тканин.

В теоретичних відомостях роботи наведені основні поняття, з якими працюватиме студент, а також зображені схеми електричних установок, передбачених завданнями.

Перше завдання присвячене вимірюванню опору живого та неживого біологічного об'єкта рослинного походження при постійному струмі. Електрична схема установки складається з омметра та зразків біологічних об'єктів (живого та неживого по черзі). Вимірювання опору проходить для кожного зразка окремо в момент підключення кола та через 3 хвилини (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Установка для першого завдання

Друге завдання передбачає дослідження дисперсії імпедансу живого та неживого зразків рослинного походження. Електрична установка (рисунок 1.2) складається зі звукового генератора, вольтметра, міліамперметра та біологічних зразків. Дані про струм та напругу в колі заносяться в таблицю при різних значеннях частоти для кожного зразка окремо. Після зняття всіх необхідних даних необхідно розрахувати значення імпедансу окремо для живого та неживого зразка. Завдання завершується визначенням коефіцієнту поляризації K за обох зразків за відповідною формулою [9].

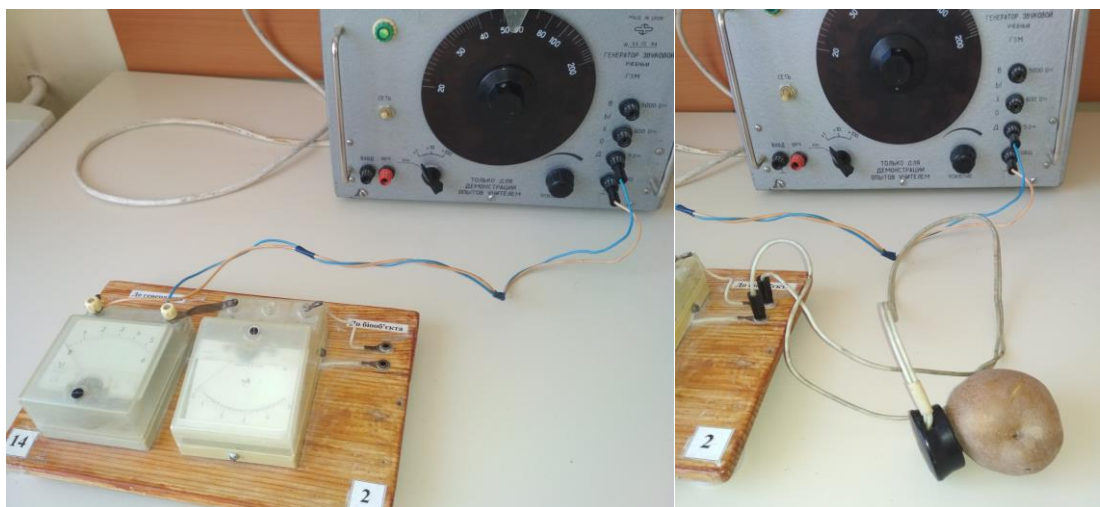


Рисунок 1.2 – Установка для другого завдання

Для вивчення електропровідності біологічних об'єктів використовують як програмні, так і апаратні симулятори. Вибір платформи залежить від освітньої мети: отримання базових уявлень або проведення комплексних лабораторних експериментів. Деякі із них буде розглянуто в наступному підрозділі.

1.4 Огляд аналогів

Існує кілька типів симуляторів та програмних засобів для вивчення електропровідності біологічних об'єктів, які можна розділити на професійні комерційні рішення, відкриті та безкоштовні інструменти, а також освітні платформи.

1.4.1 COMSOL Multiphysics

COMSOL Multiphysics є одним з найпотужніших симуляторів для моделювання електропровідності біологічних тканин. Цей програмний комплекс дозволяє:

- Створювати реалістичні 3D моделі біологічних тканин.
- Моделювати електричні властивості різних типів тканин (жирова, м'язова, кісткова).
- Розраховувати розподіл електричних полів і струмів.
- Моделювати багаточастотний біоімпеданс [10].

Базові можливості COMSOL Multiphysics:

- Побудова геометричних моделей біологічних об'єктів – від простих шарів (шкіра, жир, м'язи, кістка) до складних анатомічних структур на основі медичних зображень.

- Задання фізичних властивостей (електропровідність, діелектрична проникність) для різних типів тканин, врахування їхньої неоднорідності та анізотропії.
- Можливість використовувати різні фізичні модулі (AC/DC, Bioheat, Electromagnetic Heating), що дозволяє моделювати теплові й електричні процеси одночасно.

Практичне застосування COMSOL Multiphysics полягає у імітації струмоведучих шляхів та розподілу потенціалу всередині біотканин, аналіз впливу форми, розміщення та характеристик електродів, розрахунки імпедансу, електричного поля і густини струму, що критично для задач електричної імпедансної томографії, RF-абляції, електрокоагуляції тощо, проведення численних сценаріїв з різними біологічними параметрами для оцінки чутливості та оптимізації умов експерименту чи медичної процедури.

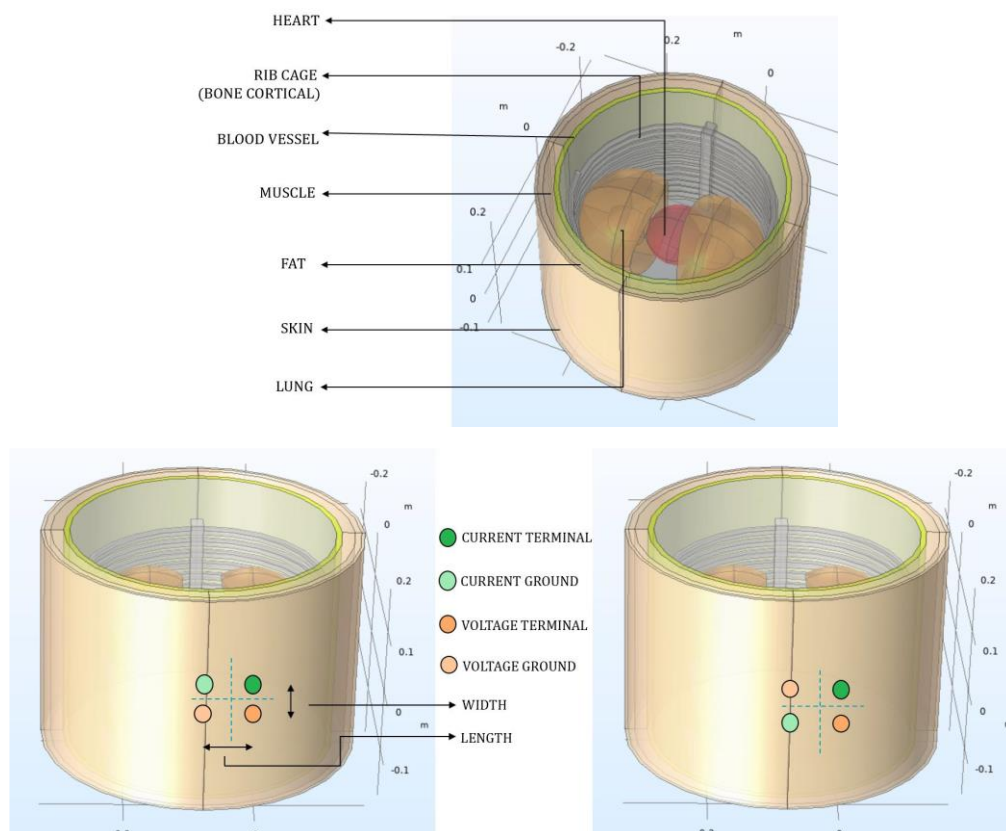


Рисунок 1.3 – Застосування COMSOL Multiphysics для розрахунку провідності у моделі внутрішніх органів людини

Основні фізичні моделі для вивчення електропровідності біологічних тканин у COMSOL Multiphysics базуються на аналізі електричного струму, теплових процесів та анізотропії тканин. COMSOL дозволяє поєднувати різні фізичні ефекти завдяки багатофізичному моделюванню, що є особливо важливим для складних біологічних систем.

Моделі електропровідності біологічних тканин у COMSOL Multiphysics активно використовуються для розв'язання практичних задач у медицині, забезпечуючи віртуальний експеримент та оптимізацію медичних процедур перед їх впровадженням на пацієнтах [11].

Приклади практичного застосування:

– Електрична імпедансна томографія (EIT):

Моделі використовуються для реконструкції зображень внутрішніх структур організму на основі розподілу електропровідності, що дає змогу діагностувати патології без інвазивних втручань, наприклад, контроль стану легень чи виявлення пухлин.

– Радіочастотна (RF) абляція та електрокоагуляція:

Моделювання процесів нагрівання й електропровідності під дією електричного струму дозволяє оптимізувати параметри процедур руйнування пухлин або зупинки кровотечі, спрогнозувати глибину та розміри зон пошкодження тканин.

– Розрахунок імпедансу біотканин:

Віртуальні моделі дозволяють визначати оптимальні схеми розміщення електродів та параметри струму для вимірювання імпедансу, що актуально для розробки нових діагностичних методик (наприклад, діагностика життєздатності тканини при пересадці або хронічних захворюваннях).

– Моделювання електростимуляції:

Використовується для визначення локалізації електричного поля та струму при застосуванні кардіостимуляторів, нейростимуляторів, фізіотерапевтичних

пристроїв, із метою підвищення ефективності лікування та зменшення побічних ефектів.

- Планування операцій та прототипування імплантів:

Створення пацієнт-специфічних моделей для симуляції впливу імплантів (електродів, стентів) дозволяє вибрати оптимальний тип, розміри, місце встановлення, мінімізуючи ризики ускладнень.

Такий підхід сприяє персоналізації, безпечнішому застосуванню сучасних методів діагностики й терапії та активному впровадженню цифрових технологій у медичну практику.

1.4.2 Відкрите середовище pyEIT

pyEIT – це відкрите Python-середовище для моделювання, симуляції та реконструкції даних електричної імпедансної томографії (EIT) біологічних об'єктів. Воно широко застосовується у біомедичній інженерії, дослідницьких і навчальних цілях для аналізу електропровідності тканин.

Основні можливості pyEIT:

- Моделювання геометрії біооб'єктів: підтримується створення різних сіткових (mesh) моделей електродних систем та об'єктів, зокрема колових, багат шарових чи прямокутних [12].
- Моделювання фізичного процесу EIT: вирішення прямої задачі (forward problem) – розрахунок потенціалів на електродах при відомому розподілі провідності та конфігурації електродів, і зворотної задачі (inverse problem) – реконструкція внутрішнього розподілу провідності за експериментальними даними електродів.
- Підтримка різних алгоритмів реконструкції: у pyEIT вбудовано сучасні методи обробки – GREIT, JAC, NOSER, Back-Projection, які дають змогу

реконструювати зображення електропровідності та відстежувати фізіологічні зміни (пухлини, крововиливи, зміни вентиляції легень).

- Гнучкість симуляцій та досліджень: користувачі можуть змінювати конфігурації електродів, параметрів струму й провідності, легко реалізовувати як статичні, так і динамічні (over-time) моделі, що дозволяє імітувати різні експериментальні сценарії.
- Візуалізація результатів: руEIT має інструменти для побудови 2D-карт розподілу електропровідності, динамічних змін стану об'єкта та порівняння результатів різних алгоритмів.

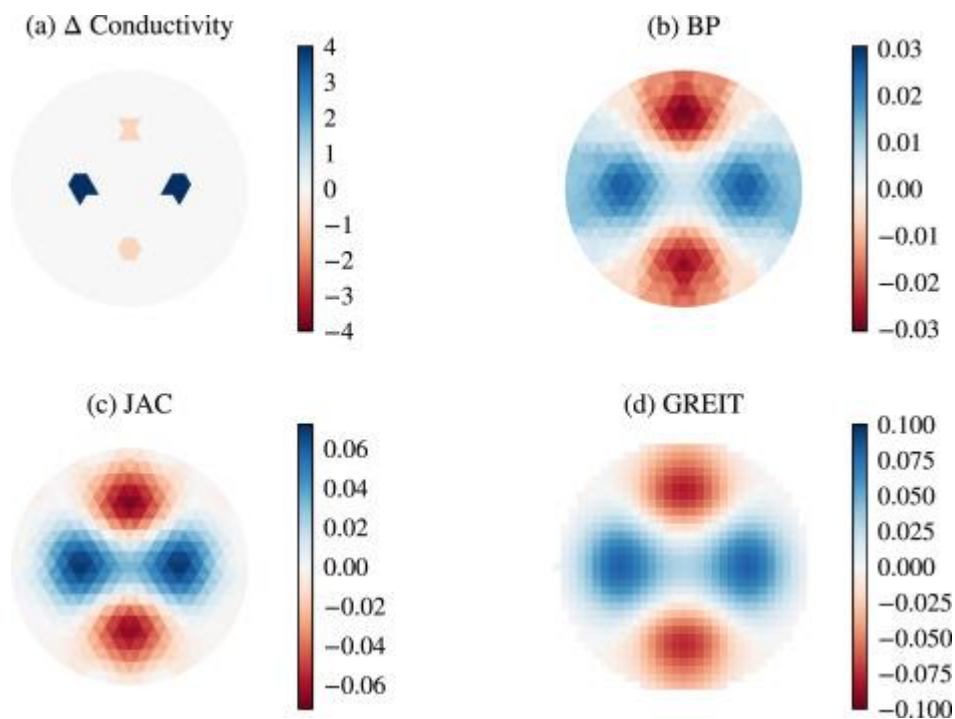


Рисунок 1.4 – Приклад використання руEIT для моделювання провідності

Основні етапи роботи руEIT:

- Моделювання геометрії та мережі: Користувач задає форму об'єкта (наприклад, груди, черевна порожнина), кількість електродів і їх розташування. Створюється геометрична сітка (mesh), яка імітує внутрішню структуру біотканини –

це дозволяє моделювати неоднорідності провідності (наприклад, пухлини чи рідини).

- Пряма задача (симуляція потенціалів): на певні електроди подається відомий електричний струм, використовуючи чисельні методи (наприклад, метод скінченних елементів), розраховуються потенціали на всіх електродах при заданому розподілі провідності. Це імітує процес вимірювання біоімпедансу в реальному експерименті.
- Зворотна задача (реконструкція провідності): на основі експериментальних значень потенціалів або симульованих даних ruEIT обчислює, як усередині об'єкта розподілена електропровідність. Для вирішення цієї задачі реалізовані різні алгоритми реконструкції (наприклад, GREIT, JAC, NOSER, Back-Projection), що дозволяє досліджувати динамічні фізіологічні або патологічні зміни.
- Візуалізація результатів. ruEIT надає зручні функції для побудови карт електропровідності та аналізу змін у часі. Можлива побудова анімацій, порівняння різних алгоритмів, моделювання наслідків різних фізіологічних сценаріїв [13].

1.4.3 Апаратно-програмний симулятор OpenEIT

OpenEIT – це відкритий апаратно-програмний симулятор і платформа для електричної імпедансної томографії (EIT), розроблений для дослідників, викладачів й ентузіастів біомедичної інженерії. Його основна мета – зробити технологію EIT доступною для невеликих лабораторій, освітніх закладів і авторських розробок [14].

Можливості OpenEIT:

- Підтримка різних конфігурацій електродів: OpenEIT можна налаштовувати для експериментів з 8, 16 чи 32 електродами, що дозволяє варіювати роздільну здатність і масштаб експерименту.
- Режими вимірювань: серійне вимірювання біоімпедансу (time series impedance), біоімпедансна спектроскопія (bioimpedance spectroscopy), повноцінна електрична імпедансна томографія (EIT) в різних конфігураціях електродів
- Інтерфейс та відкрите ПЗ: гнучке програмне забезпечення (відкрите, на Python), що дозволяє виконувати запис, аналіз та реконструкцію томографічних зображень у реальному часі або з наступною обробкою. Вбудована підтримка основних алгоритмів реконструкції: Graz Consensus, Gauss-Newton Method, Back Projection тощо, з можливістю модифікації під власні задачі.
- Апаратна частина: компактна система (плата розміром 2"×2" у пластиковому корпусі), портативна і зручна для роботи на столі чи у навчальних класах. В комплекті – phantom для моделювання біотканин та тестового навчання.
- Гнучкість для дослідників: програмоване середовище дозволяє змінювати режими вимірювань, фільтрацію, калібрування, додавати підтримку нових датчиків та протоколів [15].

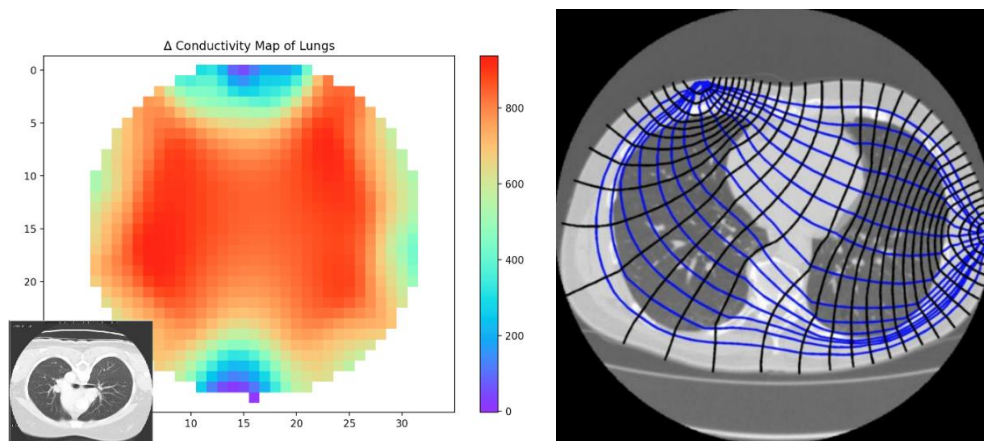


Рисунок 1.5 – Розрахунок провідності для грудної клітини у середовищі OpenEIT

Галузі застосування OpenEIT можна виділити у освітньому процесі для проведення лабораторних і демонстраційних занять, вивчення принципів біоімпедансної діагностики, тестування постановки та аналізу EIT-експериментів. Також можна використати для дослідження – розробка нових алгоритмів реконструкції, оптимізація розташування електродів, швидка апробація ідей без значних фінансових витрат і прототипування нових діагностичних або моніторингових пристроїв для медицини, фізіології, біомедичної інженерії [16].

Підсумовуючи, можна звести головні особливості розглянутих симуляторів до такої таблиці (таблиця 1.1):

Таблиця 1.1 – Порівняння симуляторів

Характеристика	COMSOL Multiphysics	pyEIT	OpenEIT
Тип продукту	Комерційне, багатофункціональне моделінгове середовище	Відкрита Python-бібліотека для симуляції та EIT	Апаратно-програмний open-source симулятор і реальний стенд
Основне призначення	Детальне моделювання, мультифізика, аналіз складних структур	Числові симуляції, освітній і дослідницький інструмент	Практичні експерименти з фізичним phantom та електродами, навчання, DIY
Джерело даних	Чисто віртуальне моделювання	Чисто віртуальні симуляції, комп'ютерне середовище	Реальні експерименти та симуляції, зняття фізичних вимірювань
Використання в освіті	Глибоке вивчення фізики біотканин, дослідницькі кейси	Доступний для інтерактивних лабораторних робіт	Дас змогу поєднати віртуальне та фізичне

Характеристика	COMSOL Multiphysics	pyEIT	OpenEIT
			навчання, наочна демонстрація
Особливості	Мультифізика, 2D/3D, велика підтримка	Python, відкритий код, вивчення опору	Інтерактивність, реальний час
Вартість	Платний, дорогі ліцензії	Безкоштовний, повністю open- source	Відкрите ПЗ, невисока ціна апаратної частини

Зважаючи на результати проведеного огляду, можна зробити висновок, що для повного задоволення потреб навчальних лабораторій, наведених в попередньому розділі, розглянуті симулятори є занадто комплексними та важкими для швидкого розуміння – такими, що вимагають тривалої підготовки та роботи з інструкціями для використання, що є недоцільним рішенням для проведення лабораторного заняття. Таким чином, виникає необхідність розробки нового, спеціалізованого симулятора, що буде одразу орієнтований на конкретне лабораторне заняття, передбачене навчальним планом.

1.5 Висновки першого розділу

Перший розділ був присвячений аналізу предметної області майбутньої розробки. Приділено увагу проблематиці теперішнього стану освітнього процесу. Виявлено причини погіршення якості надання освітніх послуг. Було виявлено роль та ступінь залученості симуляторів в сучасному процесі навчання студентів. Розглянуто поняття електропровідності біологічних об'єктів та

відповідну лабораторну роботу, що в ході виконання досліджує зазначене поняття. А також приділено увагу аналізу переваг та недоліків існуючих програмно-апаратних симуляторів, за допомогою яких освітяни можуть досліджувати електропровідність біооб'єктів.

2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

2.1 Архітектура системи

В першу чергу слід звернути увагу на те, що розроблюваний продукт призначений для використання широким колом студентів з абсолютно різним рівнем доступу до інструментів навчання. Тому, найбільш вигідним в цьому розумінні типом навчального ресурсу буде онлайн система, доступна за посиланням у будь-якому браузері. Для використання майбутнього симулятора будуть потрібні лише комп'ютерний пристрій та Інтернет-з'єднання навіть невеликої швидкості. Така побудова організації системи дасть можливість легкого доступу до ресурсу як під час офлайн-навчання, так і при переході на дистанційне. Отже, студенти зможуть виконувати лабораторні роботи як у комп'ютерних класах ВНЗ, так і в своїх домівках. Крім того, онлайн-орієнтований симулятор має перевагу по гнучкості редагування власного програмного коду та оновленні версій. Тобто всі освітяни матимуть доступ до актуальної версії симулятора та не стикнуться з проблемами застарілості ПО, яке вже завантажено на комп'ютер. Наступною перевагою онлайн-симулятора є його легкість та доступність навіть для застарілого «заліза», з якого буде здійснюватися вхід в браузер. Студентам не потрібно буде довго шукати надійний безпечний сайт щоб завантажити ПО симулятора на свій комп'ютер, можна минути довгий та, часом, незрозумілий етап встановлення програми, а головне – зберегти вільною пам'ять свого пристрою та не займати його громіздким ПО, яке знадобиться лише для одного лабораторного заняття.

Оскільки майбутній симулятор призначений для використання під час конкретного лабораторного заняття, найкращим рішенням буде побудувати чітку послідовну структуру, якою студент слідуватиме протягом заняття для виконання передбачених навчальним планом завдань.

За класичним підходом, лабораторна робота з фізики складається з таких функціональних частин:

- Теоретичні відомості лабораторної роботи.
- Контрольні питання для самоперевірки.
- Алгоритм з'єднання лабораторної установки.
- Безпосереднє проведення досліду з фіксуванням чисельних показників.
- Розрахунки.
- Висновок.

Отже, для більшої схожості з оригінальним алгоритмом дій та комфортності студентів, логічним рішенням буде розміщення теоретичних відомостей безпосередньо в комплексі симулятора. Це забезпечить більш високий рівень зосередженості студентів та позбавить викладачів необхідності розташовувати теорію та завдання на окремому ресурсі або поширювати їх в паперовому вигляді.

Що стосується контрольних запитань, тут також є можливість інтегрувати опитування в сам перебіг лабораторної роботи, запропонований симулятором. Перевірка знань відбуватиметься саме на тому етапі, на якому потрібно, що, без сумніву, позитивно впливає на алгоритм виконання роботи в цілому. Найбільш доречним буде організувати перевірку засвоєння тематичних знань у вигляді тестування з таймером, щоб студент проявив здібність оперативно давати відповідь на запропоновані запитання.

Додатковою перевіркою засвоєних знань та розуміння мети і тематики роботи буде меню приладів на початковому екрані кожного завдання в симуляторі. Таким чином, перш ніж приступити до збирання електричного кола, студентові потрібно буде обрати з переліку запропонованих приладів саме ті, які будуть задіяні у виконанні завдання роботи. Коли необхідне устаткування буде правильно вибрано, студент отримає доступ до інструкцій лабораторної роботи та розібраного електричного кола. Найпершим завданням буде зібрати коло так,

як вказано у інструкції. Успішність виконання цієї частини роботи також буде оцінюватися, тому у випадку, якщо студент не зможе з першого разу правильно з'єднати усі необхідні прилади, це впливатиме на результат лабораторної роботи в цілому та знизить отриманий в фіналі бал за категорією погано опрацьованих теоретичних відомостей.

Після успішної збірки лабораторної установки студент зможе перейти до безпосереднього виконання завдання роботи. Найкращим шляхом це зробити буде організація певного алгоритму, за яким студент буде рухатися виконуючи послідовно усі зазначені інструкції. Після запуску симуляції, усі необхідні дані з'являтимуться в таблиці, зображеній під електричним колом, по мірі виконання студентом інструкцій до роботи. На цьому етапі слід зауважити, що розроблюваний симулятор повинен з одного боку бути інтерактивним – давати студентам можливість навчитися та дізнатися щось нове, а з іншого – зберігати чіткість та не випускати веселих та винахідливих освітян за рамки навчального процесу. Тому перевірка на виконання певних інструкцій повинна мати дуже чіткі умови, щоб не зруйнувати закладений алгоритм проведення лабораторного заняття.

Коли всі необхідні для виконання завдання дані будуть отримані, студенти повинні будуть провести певні розрахунки, результати яких потрібно передати системі для перевірки. Для цього слід передбачити на сторінці відповідний функціонал, що забезпечить успішний обмін даними між симулятором та його користувачами. Правильність розрахунків займає найбільший відсоток в сумарній оцінці за лабораторну роботу, тому проводити обчислення потрібно уважно та сумлінно за вказаними в теоретичних відомостях формулами. Однак, слід передбачити, що в разі занадто великої кількості неправильних відповідей студент міг допустити механічну помилку, або неправильно зрозуміти завдання в цілому. В такому випадку є сенс надати користувачу ще кілька спроб для обчислення, доки кількість правильних відповідей не досягне певного порогового значення, з яким робота зможе вважатися пройденою.

А після завершення проходження роботи загалом, система повинна самостійно розрахувати бали студента отримані в ході виконання. Ця оцінка базуватиметься виключно на досягненнях студента та відображатиме 100%-ву об'єктивність оцінювання. Такий підхід вирішить ще одну проблему запитань студентів «Чому у мене стоїть саме такий бал?» та гарантуватиме прозорість оцінювання освітян.

Крім того, при створенні подібного навчально-методичного програмного забезпечення, слід враховувати, що учасниками освітнього процесу також можуть бути закордонні студенти. Саме тому однією із найважливіших властивостей розроблюваної веб-системи буде її багатомовність. На перших кроках достатньо буде двох мов – української та англійської. Однак, на етапі вдосконалення симулятора можна буде додати стільки мов, скільки буде необхідно навчальному закладу.

2.2 Побудова UML-діаграм

Unified Modeling Language (UML) – уніфікована мова моделювання, що описує об'єкт в єдиному заданому синтаксисі. Слово «modeling» передбачає створення моделі, що описує об'єкт. «Unified» (універсальний, єдиний) – підходить для широкого класу проєктованих програмних систем, різних областей додатків, типів організацій, рівнів компетентності, розмірів проєктів [17].

Далі наведено три UML-діаграми, що описують розроблювану систему.

2.2.1 UML-діаграма варіантів використання

Діаграма варіантів використання (use case diagram) – вихідна концептуальна модель процесів проєктування та розробки системи. На ній

позначаються відношення між зовнішніми агентами і варіантами використання. Ця діаграма є описом загальних функцій модельованої системи без розгляду її внутрішньої структури [18].

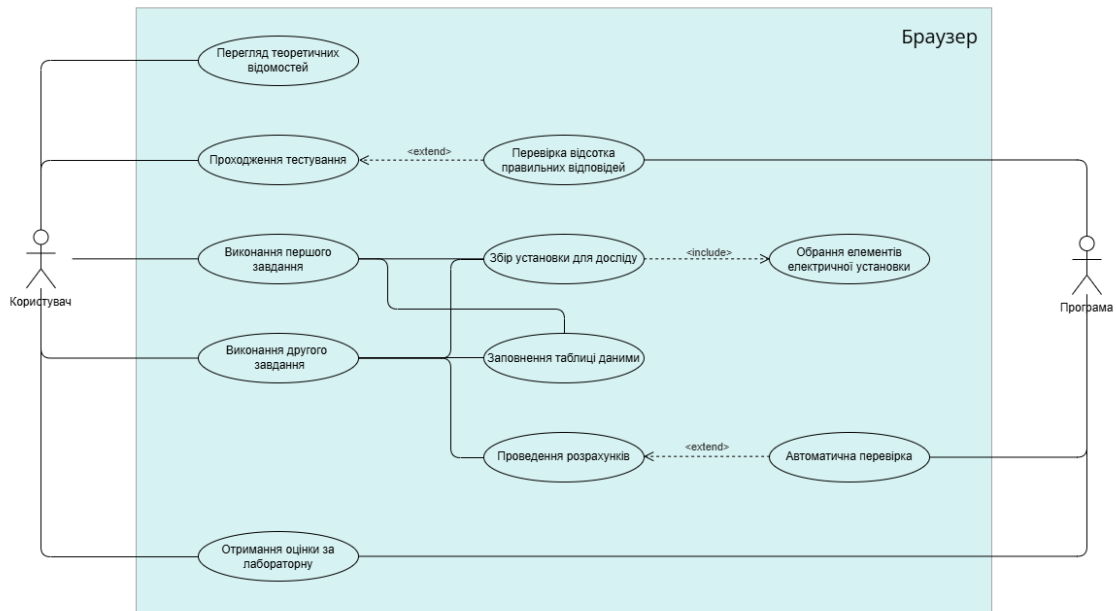


Рисунок 2.1 – UML-діаграма варіантів використання

UML-діаграма варіантів використання, представлена на рисунку 2.1, пропонує до розгляду систему, що в ній акторами є користувач та сервер, на якому розміщено симулятор.

Після того, як користувач перейде за посиланням та запустить сайт, йому надається можливість виконання наступних дій:

- перегляд теоретичних відомостей;
- проходження тестування, результати якого перевіряються програмою;
- виконання першого та другого завдань, що складаються з:
 - обрання необхідних елементів електричної установки;
 - збору установки для дослідів;
 - заповнення таблиці згенерованими симулятором даними;
 - проведення розрахунків кінцевого значення шуканої величини імпедансу за формулами, вказаними в теоретичних відомостях;
- отримання оцінки за виконану лабораторну роботу.

2.2.2 UML-діаграма активності

Діаграма активності (activity diagram) моделює процес виконання операцій і деталізує їх. Особлива увага приділяється послідовності виконання процедур та елементарних операцій, що в результаті призводять до досягнення цілі [18].

На рисунку 2.2 зображено UML-діаграму активності системи. Подано перелік операцій, що деякі з них можуть виконуватися одноразово, а деякі можуть повторюватись, в залежності від необхідності.

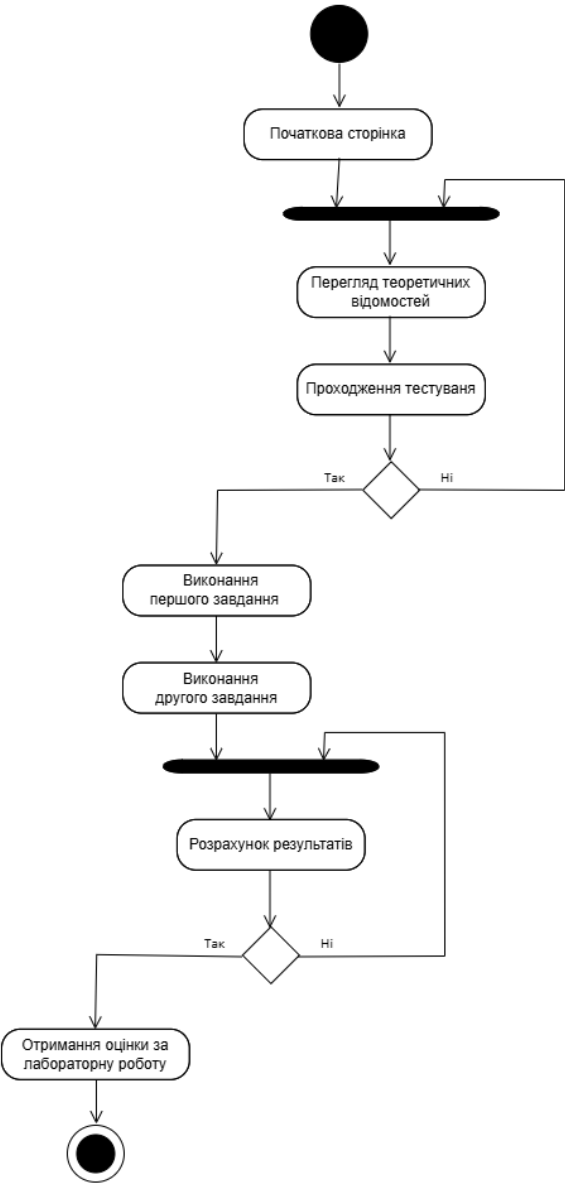


Рисунок 2.2 – UML-діаграма активності

Таким чином, першою опцією, що доступна користувачу, є перегляд початкової сторінки симулятора, а саме – ознайомлення з теоретичними відомостями, на ній розташованими. Після цього, з натисканням відповідної кнопки, йому надається доступ до проходження десяти тестових запитань, відповіді на які перевіряються та сумуються в загальний відсоток успішності. Якщо отримане значення менше 50%, то студент вимушений повернутись до вивчення теоретичного матеріалу та повторення подальших кроків. У разі ж, якщо значення більше, він має змогу безпосереднього виконання першого та другого завдань лабораторної роботи. Наступним кроком є розрахунок результатів, за попередньо отриманими в таблицях даними. Якщо розрахунки правильні, то студент отримує оцінку за виконання лабораторної роботи. Якщо ж ні – повертається до попереднього кроку.

2.2.3 UML-діаграма послідовності

Діаграма послідовності (sequence diagram) – показує часові особливості передачі і прийому повідомлень об'єктами. Впорядкованість за часом слід розуміти як послідовність дій і не плутати з часовими діаграмами [19].

На UML-діаграмі послідовності програми (рисунок 2.3) представлено розподіл повідомлень в часі між наступними складовими симулятора:

- Початкова сторінка – відповідає за демонстрацію теоретичних відомостей, що після ознайомлення з ними користувач може «Розпочати тестування».
- Тестування – сторінка, що відповідає за відображення переліку тестових запитань, що система обирає випадково з набору підготованих окремо матеріалів.
- Перше завдання – складається зі збору установки для досліду та заповнення таблиці даними, що виконуються студентом чітко слідуючи предписаній інструкції.

- Друге завдання – окрім кроків описаних у першому завданні тут також присутній розрахунок результатів, що перевіряється системою.
- Фінальна сторінка – ілюструє результати виконання студентом лабораторної роботи. Комплексна оцінка, що вміщує значення досягнень на усіх кроках, подана в стобальній системі.

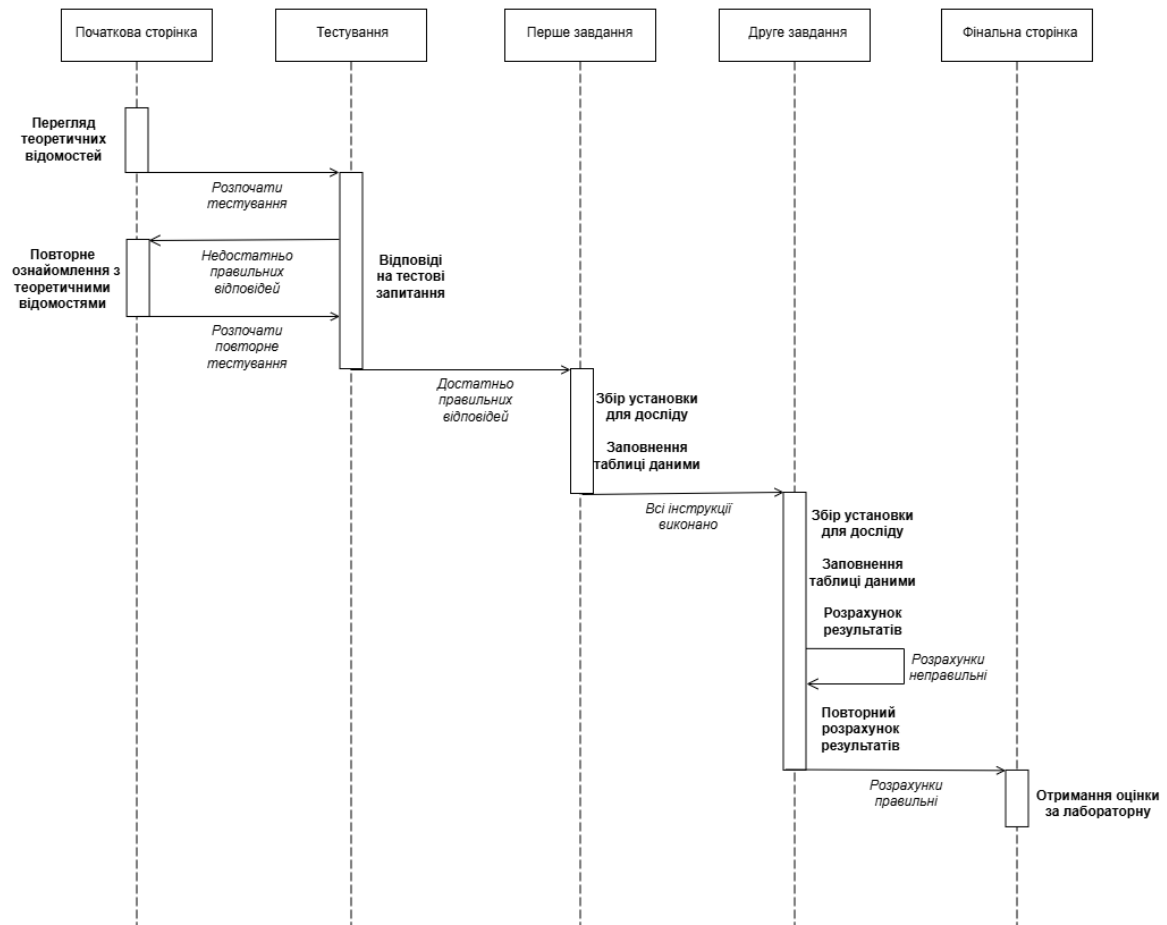


Рисунок 2.3 – UML-діаграма послідовності

2.2.4 UML-діаграма розгортання

Діаграма розгортання (deployment diagram) – це тип діаграми, що визначає фізичне обладнання, на якому працюватиме програмна система. Він також визначає, як програмне забезпечення розгортається на базовому обладнанні,

прив'язуючи частини програмного забезпечення системи до пристрою, який збирається їх виконувати [20].

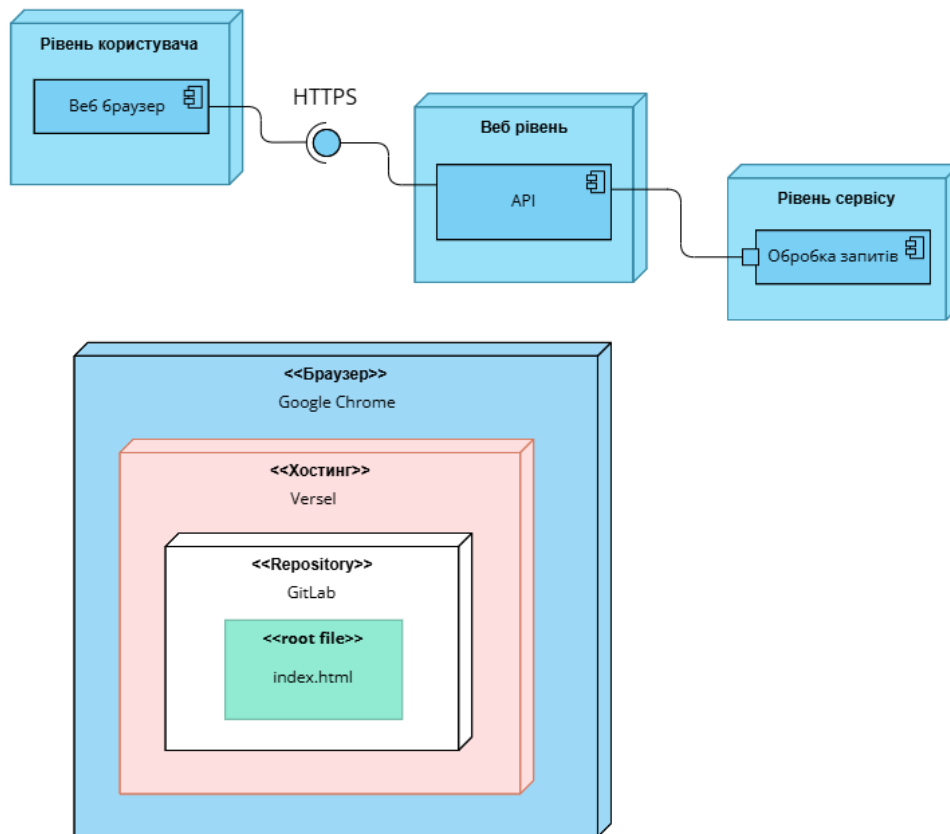


Рисунок 2.4 – UML-діаграма розгортання

На діаграмі розгортання системи (рисунок 2.4) зображено три основні компоненти розгортання розроблюваної веб-системи. Тут наочно показано, як файловий потік рухається від розробника до місця, де кінцевий користувач зможе отримати доступ та запустити програму. Перший компонент демонструє відправну точку – IDE розробника, через яку, завдяки специфічним технологіям, може напряду відбуватися вивантаження проекту в репозиторій, зображений на діаграмі як другий компонент системи. Однак, слід зауважити, що в даному контексті репозиторій є своєрідним транзитним вузлом, а не кінцевою точкою. Адже завдяки новітнім налаштуванням обраного хостингу, розробник має можливість розгортати проект напряду із репозиторія уникаючи зайвих кроків, що ускладнюють процес.

2.3 Розробка локальних інструкцій виконавцю лабораторної роботи

Одним із найважливіших кроків створення симулятора, що прототипуватиме процес виконання лабораторної роботи, є визначення алгоритму дій користувача. Це дозволить поставити процес чітко, уникаючи зайвих дій, які можуть негативно вплинути на результат, або не довести до нього зовсім.

Згідно з методичними вказівками до реальної лабораторної роботи, в першому завданні студентам потрібно зібрати електричне коло, що складається з омметра та сирої картоплі. Необхідно виміряти електричний опір в момент підключення біологічного об'єкта до омметра та через три хвилини. Отримані дані занести в таблицю. Ті самі дії повторити із неживим біооб'єктом – вареною картоплею.

Тому, на основі умови першого завдання зазначеного в методичних вказівках, було сформульовано такий перелік інструкцій користувача:

- Оберіть елементи
- З'єднайте 'x10' і картоплю
- З'єднайте '-' і картоплю
- Зніміть дані R при $t = 0$ хв
- Зніміть дані R при $t = 3$ хв
- Візьміть варену картоплю
- Зніміть дані R при $t = 0$ хв
- Зніміть дані R при $t = 3$ хв
- Завершіть завдання

Друге завдання за своєю специфікою дещо відрізняється від першого. Оскільки в кінці завдання студентам потрібно побудувати графік залежності однієї фізичної величини від іншої, даних потрібно буде зняти більше. Сама суть завдання полягає в тому, щоб з'єднати електричне коло зі звукового генератора, вольтметра, міліамперметра та біологічного зразка (картоплі). Для кожного

етапу підсилення імпульсів студентам необхідно знімати показники напруги й струму при різних значеннях частоти та занести отримані дані в таблицю. Потім потрібно повторити ті самі дії для вареної картоплі та розрахувати зазначені в методичних вказівках параметри, на основі яких студенти самостійно, в своїх звітах до роботи, будують графік залежності розглянутих величин.

Отже, для найбільш точного наслідування реальної роботи при виконанні другого завдання, для користувача були написані такі інструкції:

- Оберіть елементи
- З'єднайте '50 Ом' і вольтметр
- З'єднайте вольтметр і амперметр
- З'єднайте амперметр і картоплю
- З'єднайте картоплю і заземлення
- Увімкніть генератор в мережу
- Встановіть множник 'x1'
- Встановіть частоту на 50 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть частоту на 100 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть частоту на 150 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть частоту на 200 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть множник 'x10'
- Встановіть частоту на 50 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду

- Встановіть частоту на 100 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть частоту на 200 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть множник 'x100'
- Встановіть частоту на 50 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть частоту на 100 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть частоту на 150 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть частоту на 200 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Візьміть варену картоплю
- Встановіть множник 'x1'
- Встановіть частоту на 50 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть частоту на 100 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть частоту на 150 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду

- Встановіть частоту на 200 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть множник 'x10'
- Встановіть частоту на 50 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть частоту на 100 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть частоту на 200 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть множник 'x100'
- Встановіть частоту на 50 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть частоту на 100 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть частоту на 150 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Встановіть частоту на 200 Гц
- Зніміть дані U та I
- Обнулiть амплітуду
- Розрахуйте значення опору Z та коефіцієнту поляризації K

2.4 Вибір інструментів розробки

Як було зазначено в розділі 2.1, найкращим варіантом впровадження майбутнього симулятора, є його реалізація в якості веб-орієнтованого додатка. Такий підхід до розробки має ряд переваг:

- Доступ з будь-якого комп'ютерного пристрою та будь-якої локації.
- Універсальність для очного та дистанційного типу навчання.
- Гнучкість та актуальність доступних версій.
- Збереження вільної пам'яті та безпеки пристроїв освітян.

Оскільки мова йде про веб-систему, однозначно зрозуміло, що її розробка відбуватиметься за допомогою інструментів веб-програмування HTML, CSS та JavaScript, які забезпечують створення структурованого, візуально привабливого та інтерактивного інтерфейсу користувача.

Мова розмітки HTML (HyperText Markup Language) використовується як базовий засіб опису структури веб-сторінок. Вона дозволяє визначати логічну організацію контенту, створювати елементи навігації, форм, таблиць і мультимедійних компонентів. Використання HTML забезпечує сумісність системи з усіма сучасними браузерами та платформами, що є критично важливим для доступності освітніх веб-ресурсів [21].

Каскадні таблиці стилів (CSS – Cascading Style Sheets) застосовуються для опису зовнішнього вигляду та адаптивного оформлення інтерфейсу. Завдяки CSS забезпечується відокремлення логічної структури документа від його візуального подання, що спрощує подальшу підтримку та масштабування системи. Крім того, використання сучасних можливостей CSS (flexbox, grid, анімації, медіа-запити) дозволяє реалізувати адаптивний дизайн, який коректно відображатиметься на різних пристроях – від комп'ютерів до смартфонів [22].

JavaScript виступає мовою програмування, яка надає веб-системі динамічності та інтерактивності. За її допомогою реалізовано логіку взаємодії користувача з інтерфейсом, обробку подій, динамічне оновлення елементів

сторінки без повного її перезавантаження, а також інтеграцію з серверними компонентами через технологію AJAX або API-запити. Використання JavaScript дозволяє створювати більш гнучкі та зручні інтерфейси, що підвищують ефективність взаємодії користувача з системою [23].

Комбінація HTML, CSS і JavaScript є сучасним стандартом веб-розробки та забезпечує повноцінну реалізацію клієнтської частини системи. Їх спільне використання дозволяє створювати веб-додатки, які відповідають принципам кросплатформності, адаптивності та зручності користування. Такий вибір технологій є доцільним для освітньої веб-системи, орієнтованої на широкий доступ користувачів і підтримку інтерактивних елементів навчального процесу.

У межах розробки веб-системи для збереження та передачі даних між окремими сторінками найкращим рішенням буде застосування технології Cookie (HTTP-cookies). Цей механізм є одним із базових засобів зберігання невеликих обсягів інформації на стороні клієнта та широко використовується у сучасних веб-додатках для забезпечення персоналізації, збереження налаштувань користувача та підтримки стану сесії. Технологія Cookie дозволяє браузеру тимчасово або постійно зберігати дані у вигляді пар «ключ-значення». При кожному запиті до сервера ці дані автоматично передаються разом із HTTP-заголовками, що забезпечує можливість обміну інформацією між різними сторінками системи без необхідності повторного введення користувацьких даних. Такий підхід значно спрощує взаємодію між компонентами веб-додатка, забезпечуючи послідовність і зручність у роботі користувача.

При розробці даного симулятора Cookie-файли можна використати для тимчасового збереження проміжних результатів роботи користувача, параметрів вибору або введених даних, які повинні бути доступні на кількох сторінках системи. Це дозволяє реалізувати узгоджений обмін інформацією між окремими модулями без використання серверної бази даних або додаткових запитів до сервера, що підвищує швидкодію та зменшує навантаження на систему.

Використання Cookie є доцільним і з точки зору юзабіліті та безперервності користувацької взаємодії. Завдяки їм веб-додаток може

«пам'ятати» попередній стан користувача, його вибір або параметри сеансу навіть після переходу між сторінками [24].

Це створює ефект цілісності роботи системи, що є особливо важливим для освітніх платформ та симуляторів, де користувач виконує послідовність дій, пов'язаних із навчальним процесом. Крім того, при реалізації механізму Cookie враховано аспекти конфіденційності та безпеки даних. Використовуються лише технічно необхідні файли, які не містять персональної або чутливої інформації користувача. Передбачено контроль часу життя Cookie-файлів (терміну дії), що відповідає принципам захисту даних згідно з сучасними стандартами веб-розробки.

2.5 Висновки другого розділу

На основі теоретичних відомостей та огляду аналогів, приведених в першому розділі було сформульовано чіткі функціональні вимоги до розроблюваного ПО. Таким чином, у другому розділі було описано та обґрунтовано архітектуру створюваної веб-системи. Спроектований симулятор має ряд наступних переваг:

- Інтернет-доступність.
- Багатомовність.
- Актуальність версій застосунку.
- Без необхідності завантажувати в пам'ять ПК.
- Комплексність.
- Об'єктивність оцінювання.
- Запобігання підробці результатів.

Крім того, дослідження складу очної лабораторної роботи показало, які саме обов'язкові компоненти має налічувати розроблювана симуляційна модель. Для дотримання логічного зв'язку з реальною роботою та прототипування

алгоритму реальних дій освітян, до переліку складових системи увійшли такі компоненти:

- Теоретичні відомості.
- Тестування.
- Інструкції до виконання.
- Отримання фізичних показників під час досліду.
- Розрахунки.
- Висновок.

Під час проектування архітектури симулятора було побудовано чотири UML-діаграми, що наочно відображають організацію майбутнього додатка, а саме:

- діаграма варіантів використання;
- діаграма активності;
- діаграма послідовності;
- діаграма розгортання.

Також було складено список інструкцій користувачеві симулятора та визначено належні інструменти, що будуть використані для розробки програмного забезпечення навчального симулятора – HTML, CSS і JavaScript з додаванням технологій cookie.

3 РОЗРОБКА ТА РОЗГОРТАННЯ НАВЧАЛЬНОГО СИМУЛЯТОРА

3.1 Розробка дизайну веб-сторінок

Для розробки зовнішнього вигляду та визначення загального стилю розроблюваного симулятора було використано середовище веб-дизайну Figma.

Figma – це онлайн-графічний редактор та інструмент для прототипування, який використовується для спільної роботи в реальному часі. Він дозволяє створювати дизайн веб-сайтів, додатків, банерів та інших цифрових продуктів, а також створювати інтерактивні прототипи. Figma можна використовувати як у браузері, так і у вигляді десктопного додатку [25].

Основні можливості та переваги:

- Створення інтерфейсів: дозволяє створювати компоненти інтерфейсу (кнопки, айтеми, меню, тощо) та працювати з ними як з єдиними компонентами.
- Проектування прототипів: можна створювати інтерактивні прототипи, які імітують роботу реального додатка чи сайту з переходами між екранами.
- Дизайн-системи: допомагає підтримувати одноманітність дизайну в проєктів за допомогою компонентів та стилів.
- Гнучкість: підходить як для створення простих макетів, так і для детального опрацювання дизайну, а також для створення векторних ілюстрацій.
- Кросплатформність: працює на будь-якій операційній системі через браузер або додаток.
- Хмарне сховище: всі файли зберігаються в хмарі, що забезпечує доступ до них з будь-якого пристрою.
- Спільна робота: команди можуть працювати над одним проєктом одночасно, переглядаючи зміни внесені один одного в режимі реального часу [26].

Загальний вигляд сторінок було спроектовано таким чином, щоб не обтяжувати студента співставленнями з нудними паперовими методичними вказівками до виконання лабораторних робіт, при цьому зберігаючи серйозність освітнього процесу. Кольорова гама симулятора була запозичена у головного об'єкту роботи, а саме – картоплі. Такий підхід дозволить підкреслити цілісність та тематичність роботи, при цьому активуючи асоціаційну пам'ять студента. Блоки інформації зазначеної в теоретичних відомостях навмисно було розділено кольоровими рамками для полегшення пошуку студентом необхідного абзацу або блоку тексту (рисунок 3.1).

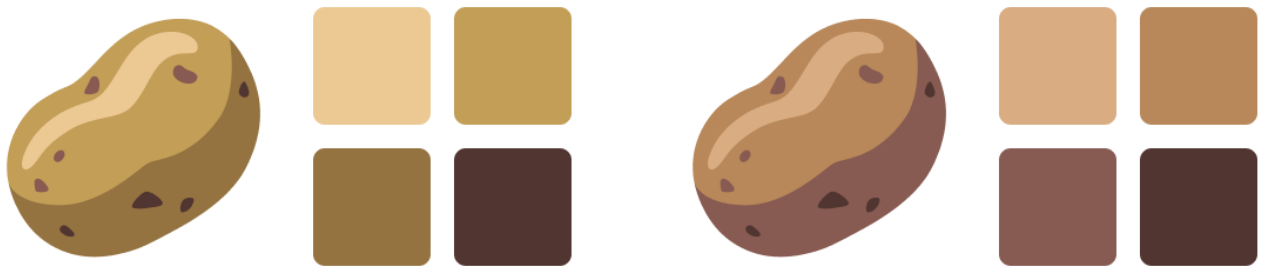


Рисунок 3.1 – Вибір кольорової палітри роботи

Також, було прийнято рішення, пристрої, задіяні у виконанні лабораторної роботи, зобразити у такому ракурсі, який дозволить бачити шкалу в перпендикулярній проекції. Для різних приладів це може бути вигляд зверху або збоку (рисунок 3.2).

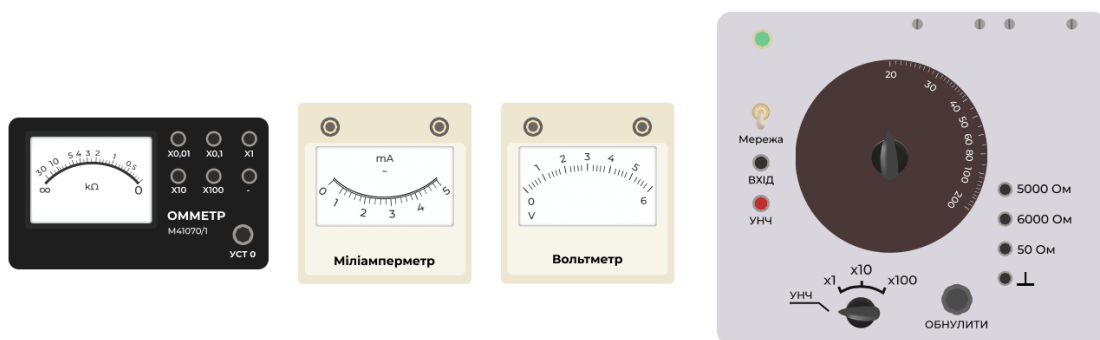


Рисунок 3.2 – Забезпечення видимості шкал вимірювальних пристроїв

3.2 Front-end та Back-end розробка

Написання усього програмного коду системи здійснювалося у спеціалізованому редакторі Visual Studio Code. VS Code – це безкоштовний, відкритий і крос-платформний редактор коду, розроблений компанією Microsoft. Вперше він був випущений у квітні 2015 року і з тих пір набув широкої популярності серед розробників.

Ключові особливості даної програми, що виділяють її з поміж інших:

- Крос-платформна сумісність. VS Code доступний для Windows, macOS та Linux, що дозволяє розробникам використовувати один і той самий редактор незалежно від операційної системи.
- Вбудована інтеграція з Git'ом. Однією з найпотужніших функцій VS Code є його безшовна інтеграція з Git'ом. Ви можете клонувати репозиторії, фіксувати зміни, надсилати оновлення та керувати гілками – і все це в межах редактора.
- Інтелектуальні пропозиції коду (IntelliSense). VS Code пропонує інтелектуальне завершення коду, підсвічування синтаксису та виявлення помилок, що пришвидшує кодування та зменшує кількість потенційних помилок. IntelliSense підтримує JavaScript, Python, C++, Java та багато інших мов.
- Широкий ринок розширень. VS Code дуже добре налаштовується завдяки великій бібліотеці розширень. Розробники можуть встановлювати теми, мовну підтримку, інструменти налагодження та додаткові функції для покращення робочого процесу.
- Вбудований термінал. Вбудований термінал дозволяє розробникам виконувати команди, не виходячи з редактора, заощаджуючи час і підвищуючи ефективність.

- Можливості налагодження. VS Code включає потужний відладчик, який підтримує точки зупинки, покрокове налагодження та перевірку змінних, що полегшує пошук та усунення несправностей.
- Легкість та висока продуктивність. На відміну від традиційних інтегрованих середовищ розробки (IDE), VS Code є легким та оптимізованим для швидкості, що забезпечує безперебійне кодування навіть на машинах з низьким рівнем продуктивності.
- Підтримка декількох мов програмування. З коробки VS Code підтримує такі мови, як JavaScript, Python, TypeScript, C++, C#, HTML, CSS та PHP. За допомогою розширень ви можете додати підтримку Go, Rust, Ruby, Swift та багатьох інших [27].

Для забезпечення структурованості, зрозумілості та зручності супроводу програмного коду системи у процесі розробки був застосований модульний підхід до організації файлів. Замість розміщення всієї функціональності в одному великому файлі, логіка роботи, стилі та розмітка веб-системи були розподілені на окремі умовні модулі, кожен з яких відповідає за чітко визначений функціонал. Такий спосіб організації коду дозволяє групувати функції відповідно до їхнього призначення. Поділ скриптів за функціональними ознаками значно підвищує читабельність коду, спрощує його налагодження та розширення, а також полегшує подальшу підтримку проекту.

Крім того, використання декількох відділених HTML-, CSS- та JavaScript-файлів сприяє логічному розмежуванню відповідальностей між різними частинами застосунку, що відповідає принципам сучасної веб-розробки. Такий підхід дає змогу уникнути надмірної складності та забезпечує можливість незалежного оновлення окремих компонентів без ризику порушення роботи усієї системи. В результаті, створена архітектура коду буде більш масштабованою, прозорою та придатною для подальшого розвитку.

Як було визначено в розділі 2.2, загалом веб-система симулятора складається з таких частин:

- Сторінка з теоретичними відомостями.
- Тестування.
- Перше завдання.
- Друге завдання.
- Сторінка з результатами.

Отож, логічним вчинком було створення окремого файлу HTML для кожної із зазначених частин роботи.

Перший файл має назву `index.html`, згідно із загальноприйнятими правилами Front-end розробки. Там міститься верхнє меню, де розташовані заголовки роботи, кнопки переключення мови та переходу до наступної сторінки. А також основна частина, де розміщена розділена на логічні блоки інформація, необхідна студентам для виконання лабораторної роботи: перелік приладів та понять, основна теорія, схеми електричних установок, короткі інструкції подальших дій виконавця. На цій сторінці автоматично запускається скрипт, що генерує унікальний набір символів, який служить своєрідним ID користувача. Цей ID запам'ятовується системою протягом усього процесу виконання лабораторної роботи, щоб в подальшому уникнути підробок студентами результатів роботи та забезпечити прозорість виконання кожним учасником освітнього процесу.

Другий файл має назву `test.html`. Він містить верхнє меню, таке як на попередній сторінці та основну частину де спочатку відображається лише кнопка «Розпочати тестування». Коли користувач натискає на кнопку, вона зникає, натомість з'являється таймер, кнопка «Відповісти» та по черзі висвітлюються запитання тесту з варіантами відповідей. Коли тестування завершено, на екрані з'являється повідомлення відповідно до результатів тестування. Подібно до значення ID користувача система запам'ятовує кількість правильних відповідей на тестові запитання та зберігає це значення до кінця виконання роботи.

Третій та четвертий файли містять у собі безпосередні завдання лабораторної роботи та мають відповідні назви part1.html та part2.html. В цих файлах верхнє меню зазнає змін та містить тепер такі елементи:

- кнопку переключення мови;
- номер завдання;
- кнопку «Наступний крок»;
- кнопку «Змінити картоплю»;
- кнопку «Вивести дані»;
- кнопку «Завершити завдання».

В основній частині спочатку відображається меню вибору складових електричного кола, які будуть задіяні в поточному завданні. Після успішного вибору необхідних приладів меню змінюється на список інструкцій з правого боку екрану, розібраної установки в центрі та таблиці даних внизу сторінки. В залежності від номеру завдання довжина інструкцій та розмір таблиць відрізняється. В кінці другого завдання, коли всі таблиці заповнено, у верхньому меню з'являється кнопка «Перевірити розрахунки». Коли досягнута певна межа правильних відповідей, кнопка «Завершити завдання» стає доступною для натискання, що дозволяє перейти на наступну сторінку.

П'ятий файл має назву finish.html та необхідний виключно для того, щоб відображати результати виконання лабораторної роботи. В центрі екрану розміщене відповідне віконце, де бали отримані в ході виконання розписані за категоріями з вказанням максимуму за кожною з них. Нижче записана сумарна оцінка. Над верхньою межею центрального блоку записаний ID, який студент повинен показати викладачеві разом з результатами роботи, або вислати у вигляді скріншоту під час дистанційного навчання.

Файли зі стилями css також було розділено відповідно до області їх відповідальності. Таким чином, стилі, що відповідають за оформлення тексту було винесено у файл з назвою onlytext_style.css. Окремо було виділено набори стилів, що керують зовнішнім виглядом електричних схем, зображених на

сторінках з завданнями. Вони записані у файлах `kit-1.css` та `kit-2.css`. Всі інші стилі, що стосуються елементів, які наявні на кожній сторінці системи такі як:

- перемикач мови;
- кнопки;
- блок інструкцій;
- текстові блоки;
- таблиці тощо.

Були винесені у загальний файл стилів, що за замовчуванням має назву `style.css`.

Особливо важливим є дотримання принципу єдиної відповідальності при роботі зі скриптами JavaScript. Для правильної організації взаємодії функцій з розміткою, принципово необхідним є розбиття усіх скриптів на окремі модулі, записані в різних файлах.

Скрипти, які можуть бути викликані з будь-якого моменту виконання лабораторної роботи, а отже і тими, що імпортовані до кожної сторінки розмітки є ті, що здійснюють переклад тексту розміщеного на сторінці. Весь код, що відповідає за переклад винесено в окремий файл з назвою `translate.js`. В першу чергу він містить два об'єкти даних, де записана велика кількість пар ключ-значення, що утворюють собою словник, до якого звертається програма при перекладі з української мови інтерфейсу на англійську та навпаки. Ці ключі приписані до кожного слова, фрази або блоку тексту в залежності від контексту та дозволяють знайти унікальний відрізок тексту, що підлягає перекладу. Крім того, у файлі `translate.js` міститься функція `ChangeLeng()`, яка обробляє подію запиту користувача на зміну мови інтерфейсу та замінює слова одного словникового набору на слова з іншого об'єкта. Також, в залежності від етапу, на якому була ініційована зміна мови, відбувається заміна україномовних зображень на ті, що підписані англійською мовою. Це стосується зображень електричних схем та деяких підписаних приладів.

Програмний «модуль», який використовується під час взаємодії користувача зі сторінкою тестування винесено в окремий скриптовий файл з назвою `testing.js`. Там містяться два масиви об'єктів, в кожному з яких записаний набір тестових запитань та варіантів відповідей. В одному масиві українською мовою, в іншому англійською. В залежності від того, яка мова обрана на сторінці, завантажується необхідний варіант тестування. А за рахунок окремої обробки кожного питання в циклі, є можливість змінити мову запитань навіть якщо тестування вже розпочато. Також у файлі записані декілька функцій:

- функція відображення тестових запитань;
- функція перевірки відповідності мови тестування мові, обраній на попередній сторінці;
- функція, що фіксує варіанти відповідей, обраних користувачем;
- функція обчислення оцінки за тестування.

Однією додатковою можливістю функції обчислення оцінки є визначення чи може користувач перейти до наступного етапу, чи йому потрібно повернутися до вивчення теорії. У будь-якому випадку на екрані висвітлюється відповідне повідомлення, яке спрямовує подальші дії користувача.

Після успішного завершення етапу тестування користувач переходить до безпосереднього виконання першого завдання лабораторної роботи, яке відображається за допомогою розмітки зазначеної в файлі `part1.html`. Згідно з першим пунктом інструкції, користувач стикається з меню елементів, де йому необхідно обрати устаткування, передбачене умовою завдання. За відображення та роботу меню приладів відповідає код, записаний у файлі `menu.js`. Слід зауважити, що скрипти, які обробляють відображення та взаємодію меню, є універсальними для першого та другого завдання за рахунок передачі до функції параметрів, які зазначають номер завдання та відповідно координують роботу коду. Наприклад, для виконання першого завдання потрібен набір з двох елементів, а для другого – набір з чотирьох елементів. Обидва переліки зазначені у файлі `menu.js` у вигляді масивів, які ставляться у відповідність поточному

еталону в залежності від отриманого параметра. Також, необхідною забезпеченою перевагою є незалежність від порядку обирання пунктів меню. Якщо у переліку обраних користувачем приладів є ті, які вказані у відповідному масиві, то етап вважатиметься пройденим не залежно від того, в якому порядку були натиснуті кнопки меню. Якщо ж користувач неправильно обрав пристрої, на екрані спливе модальне вікно з повідомленням про помилку та можливість зробити вибір повторно. Коли все буде зроблене правильно, меню зникає, а натомість з'являються обрані прилади та інші графічні конструкції передбачені завданням.

Далі з користувачем працює наступний набір скриптів, сформований в окремому файлі `script_part1.js`.

Особливість роботи цього скрипта полягає в тому, що його логіка базується на присвоєнні кожному пункту інструкції свого номера та відстеженні виконання умови тої чи іншої інструкції, спираючись на її порядковий номер. Це забезпечує чіткість та своєчасність виконання інструкції та дотримання алгоритму виконання завдання в цілому. Отож, головною функцією-обробником в цьому файлі є та, що збільшує лічильник кроків інструкції користувача, підсвічує поточну інструкцію та слідкує за доступністю та недоступністю для натискання відповідних кнопок, в залежності від етапу завдання.

Для перевірки правильності з'єднання елементів електричного кола існує своя функція. Для кожного з'єднувального дрота є свій «пароль», який складається з назв активних частин задіяних пристроїв. Якщо користувач правильно натиснув порти приладів, пароль сформується коректно та на екрані з'явиться потрібний дріт. При цьому також слід звернути увагу на те, що студент може натискати порти в довільному порядку, як наче би він виконував роботу з реальними пристроями в лабораторії.

Наступною є функція, за допомогою якої користувач отримує необхідні показники фізичного процесу, який відбувається в лабораторній роботі. Тут слід відмітити, що перш ніж генерувати дані для симулятора, було проведено дослідження тих параметрів, що були отримані під час реального виконання

лабораторної роботи. Саме ця вибірка була використана для моделювання роботи пристроїв в симуляторі. А для варіативності отриманих студентами результатів, було прийнято рішення взяти невеликий проміжок околу реального параметру, який виникає саме на цьому етапі роботи та з нього випадковим чином обирати значення, яке буде записано до таблиці студента. Деякі дані генеруються одразу після переходу до відповідного кроку інструкції, для отримання інших – слід зачекати певний час, зазначений в теоретичних відомостях роботи. В другому випадку функція генерації даних робить затримку в своїй роботі поки на екрані користувача відображається спливання часу таймера. Зауважимо, що усі дані, згенеровані функцією підтримуються графічними ефектами для наочності досліду. Отож після кожного натискання кнопки «Отримати дані» користувач може бачити, як відхиляється стрілка приладу в залежності від умов, поставлених в алгоритмі виконання роботи.

Після виконання першої частини завдання студентові необхідно продублювати свої дії, але вже з іншим біооб'єктом. Тож для заміни необхідного зразка була створена відповідна функція, яка забезпечує також повернення стрілки приладу в початкове положення щоб підкреслити зміну поведінки елементів електричного кола, як реакцію на різні властивості різних біологічних об'єктів. Після виконання усіх кроків інструкції першого завдання, коли таблиця повністю заповнена даними, студенти записують висновки щодо поведінки фізичних показників до свого звіту з лабораторної роботи та переходять до наступного завдання.

За аналогією до першого завдання організована робота скриптів другого завдання лабораторної роботи та винесена в новий файл `script_part2.js`. Там також присутня функція, що збільшує лічильник кроків інструкції та керує доступністю та відповідних кнопок. Крім того, для деяких приладів, розміщених на екрані другого завдання спеціально створено окремі функції, що перевіряють виконання кроків інструкції пов'язані з конкретним пристроєм. Зауважимо, що в скриптах, які обробляють події другого завдання також задіяна перевірка виконання інструкцій за порядковим номером. Таким чином функції працюють

саме в той час, коли вони необхідні. Для цього завдання також присутні власні функції перевірки з'єднання приладів дротами та заміни біооб'єкта. А от функція, що відповідає за генерацію даних опрацьована більш масштабно, ніж в попередньому випадку. Це зумовлено тим, що друге завдання роботи відрізняється великою кількістю повторюваних дій, як це можна побачити в інструкції, записаній в розділі 2. Тому необхідно згенерувати більший об'єм даних. Крім того, друге завдання передбачає проведення розрахунків користувачем, тому функція одразу розраховує правильні значення параметрів, які має отримати користувач, для подальшої перевірки. Також, оскільки завдання розраховане на перевірку роботи студента, на сторінці розмітки наявні активні елементи введення даних, тому у цьому файлі скриптів прописана функція, яка зчитує введені користувачем параметри та звіряє їх з власними розрахунками. А на основі отриманого результату формує повідомлення користувачеві, яке спливає в модальному вікні на екрані. Отож, в залежності від кількості правильних відповідей визначається оцінка студента за розрахунки. При чому, попередньо у функції, подібно до тестування, зазначена мінімальна оцінка, що дозволяє завершити лабораторну роботу. Якщо ж правильних відповідей недостатньо, користувачеві доведеться рахувати до тих пір, поки кількість правильних відповідей не досягне мінімальної межі. Лише після цього йому буде доступна можливість завершити роботу та отримати остаточну оцінку.

Для фінальної сторінки симулятора, що стає доступною після успішного виконання двох завдань також прописаний специфічний код. Власне, скрипти, що сформовані в останньому js-файлі викликаються протягом усієї лабораторної роботи, однак результати їх виконання можна побачити лише в кінці. Мова йде про функції, які працюють з технологією cookie. Всі вони зібрані у файлі cookies.js. Під час виконання студентом лабораторної роботи в cookie накопичується інформація про:

- ID користувача;
- результати тестування;

- правильність з'єднань елементів електричних кіл;
- результати розрахунків.

Технологія cookie була використана для того, щоб дані, створені на попередніх сторінках, були доступні для читання на подальших етапах роботи. Отже, коли користувач дістався фінальної сторінки симулятора, відповідна функція зчитує усі записані в cookie дані та висвітлює їх в самому кінці лабораторної роботи. Також, в даному симуляторі cookie були використані для того, щоб підтримувати однакову мову інтерфейсу на всіх сторінках системи та позбавити користувача необхідності щоразу перемикати мову симулятора, якщо потрібні йому налаштування відрізняються від встановлених за замовчуванням.

3.3 Розгортання системи

Для гнучкості розробки системи, безпечності та контролю версій на початку роботи було створено репозиторій на платформі GitLab.

GitLab – це сучасна веб-платформа для керування репозиторіями, побудована на основі системи контролю версій Git.

Вона забезпечує комплексне середовище для організації командної та індивідуальної розробки, підтримуючи не лише зберігання та версіонування програмного коду, але й широкий спектр інструментів для безперервної інтеграції, керування завданнями та автоматизації процесів розробки. Завдяки своїй гнучкості та масштабованості GitLab широко використовується у промислових і академічних проектах, де важливо гарантувати надійність, відтворюваність та контрольованість процесу зміни коду. Однією з ключових переваг використання GitLab є можливість централізованого зберігання коду з повною історією змін. Це дозволяє розробнику відстежувати розвиток проекту в часі, порівнювати різні версії файлів, повертатися до попередніх станів системи та запобігати втраті важливих фрагментів роботи. Крім того, гілкова модель

GitLab сприяє впорядковуванню процесу розробки: окремі функціональні модулі можуть розроблятися незалежно один від одного, що мінімізує ризик конфліктів і спрощує інтеграцію нових можливостей у загальний код проекту.

Платформа також включає можливість створення приватних репозиторіїв, що забезпечує контроль доступу та захист інтелектуальної власності. Інструменти GitLab для відстеження завдань, документації та колективної роботи роблять його зручним не лише, як систему зберігання коду, але й як платформу для комплексного управління життєвим циклом програмного продукту [28].

Під час розробки проекту симулятора, GitLab було використано для збереження, впорядкування та версіонування програмного коду, що забезпечило стабільність процесу розробки та прозорість внесених змін. Такий підхід підвищує надійність та відповідає сучасним практикам інженерії програмного забезпечення.

По мірі програмування та завершення логічних частин програми, безпосередньо із середовища написання коду здійснювався пуш для синхронізації зі сховищем. Це дало можливість в подальшому розгорнути систему, посиляючись на репозиторій, замість вивантаження усіх файлів безпосередньо в директорію робочої панелі хостингу. Подібної безшовної інтеграції можна досягнути при використанні такого хостингу, як Vercel.

Vercel – це сучасна хмарна платформа для розгортання веб-застосунків, спеціалізована на проектах, створених із використанням інструментів фронт-енд розробки.

Платформа орієнтована на максимально швидко та зручну публікацію статичних сайтів та фронт-енд додатків, забезпечуючи автоматизацію процесів розміщення та оптимізацію продуктивності. Завдяки ефективній інфраструктурі доставки контенту та механізмам динамічного кешування Vercel гарантує високу швидкість завантаження веб-сторінок на різних пристроях та в різних географічних регіонах. Це робить платформу особливо зручною для невеликих

проектів, де важлива простота конфігурації та доступність для кінцевих користувачів.

Однією з ключових переваг Vercel є його просте, з точки зору користувача, з'єднання з системами контролю версій, такими як GitHub, GitLab або BitBuket. Після під'єднання репозиторію платформа здатна автоматично створювати збірки при кожному коміті, що дозволяє реалізувати принципи безперешкодної інтеграції та синхронізованого розгортання без додаткових налаштувань. Це означає, що будь-які зміни у вихідному коді миттєво публікуються у вигляді нової версії застосунку, а розробник отримує можливість оперативно відстежувати результат своїх дій.

Також, важливою характеристикою Vercel є його орієнтація на простоту використання: для розгортання достатньо лише завантажити проект через інтерфейс платформи або виконати команду через Vercel CLI. Платформа самостійно визначає структуру проекту, а у випадку статичних веб-сайтів – автоматично оптимізує файлову систему, шляхи, кешування та маршрутизацію. Це дозволяє мінімізувати технічні налаштування і зосередитися безпосередньо на логіці веб-додатку.

Vercel також забезпечує розширені можливості моніторингу та керування розгортаннями: розробник може переглядати журнал збірки, відстежувати попередні релізи, повертатися до стабільних версій та використовувати Preview Deployments для тестування змін перед їх публікацією. Такий підхід підвищує надійність процесу розгортання та сприяє покращенню якості кінцевого продукту [29].

Використання Vercel для таких проектів є доцільним завдяки його простоті, швидкодії та зручній інтеграції з GitLab, що дозволяє автоматизувати процес публікації веб-системи та забезпечити стабільний доступ до неї в будь-який момент. Платформа створює оптимальні умови для хостингу освітніх та дослідницьких веб-рішень, які потребують швидкого оновлення і мінімальних витрат на налаштування інфраструктури.

Відповідаючи на питання «чому саме Vercel?» неможливо не згадати про одну із його головних переваг, а саме: серед переліку доступних користувачу тарифних планів на використання цього хостингу є режим, який називається Хобі (рисунок 3.3). В рамках цього плану користувачу безкоштовно доступні 50 доменів для розміщення в мережі Інтернет своїх проектів. Такий варіант є особливо привабливим для студентів, які хочуть спробувати себе в створенні пет-проектів або таких навчальних застосунків, як даний симулятор.

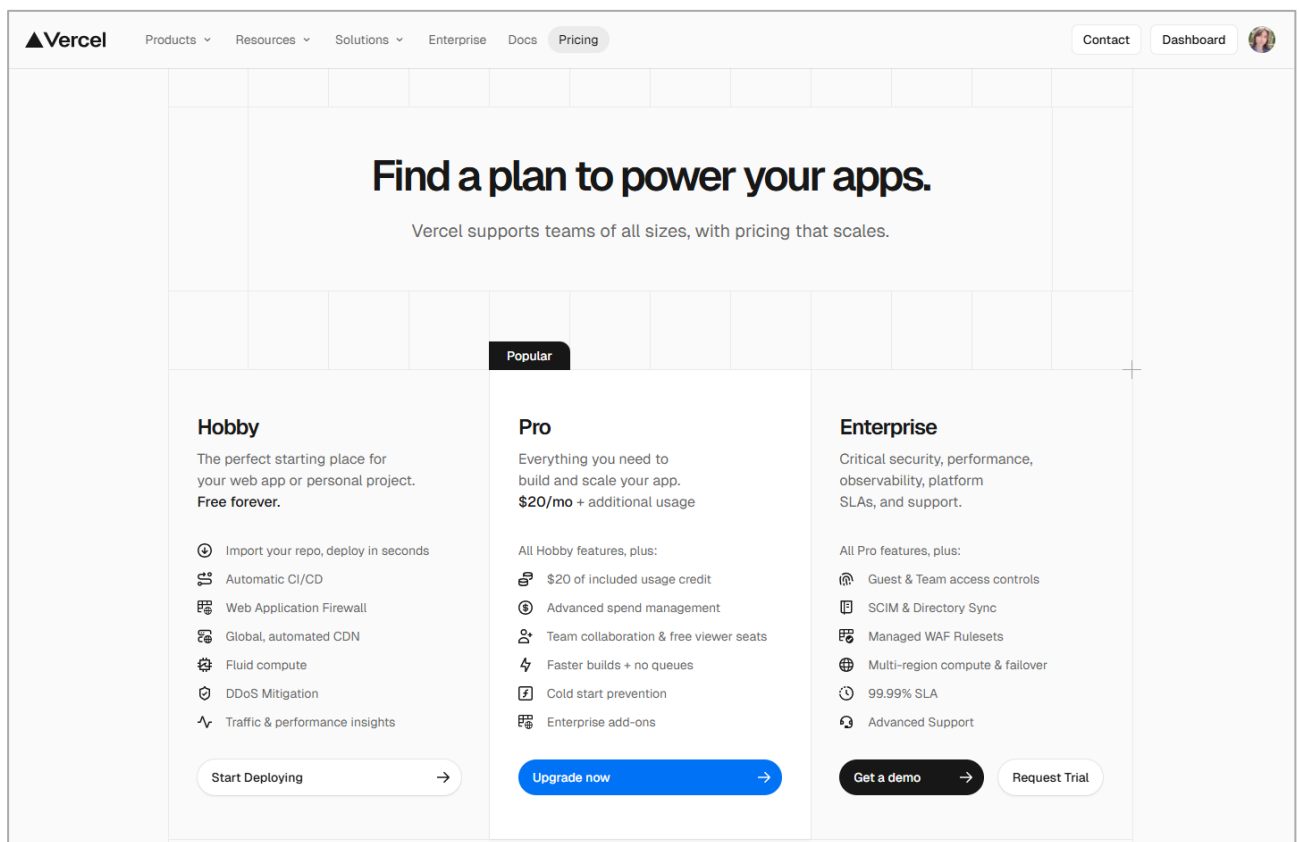


Рисунок 3.3 – Режим хобі у Vercel

3.4 Тестування автоматизованого симулятора

Для тестування готового веб-симулятора, розробка якого була описана в розділі 3.2, можна здійснити вхід до персонального кабінету Vercel та

переглянути його в розділі «Мої проекти» (рисунок 3.4), або просто перейти за посиланням <https://lw-bioobject-resistance.vercel.app/>

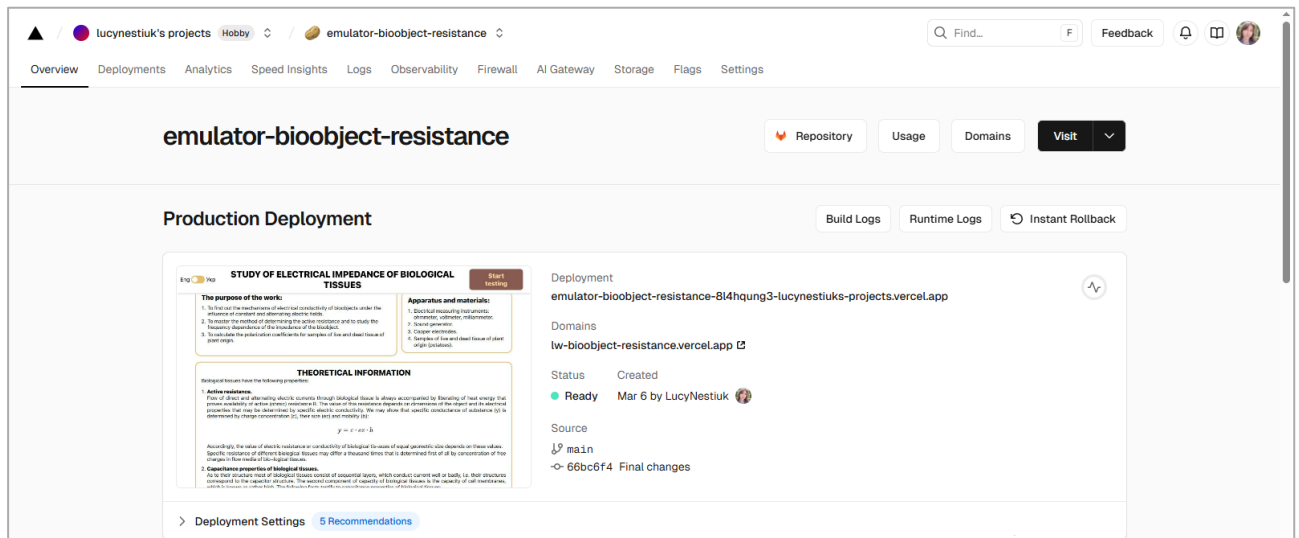


Рисунок 3.4 – Проект у персональному кабінеті Vercel

При переході за вказаним вище посиланням користувач одразу потрапляє на початкову сторінку симулятора – теоретичні відомості до лабораторної роботи (рисунок 3.5-3.6). Тут вказана мета роботи, обладнання та матеріали необхідні для її виконання, короткі теоретичні відомості, а також опис методу та пристрою.

Також, слід звернути увагу на меню у верхній частині екрану. Як було зазначено в попередніх розділах, окремою перевагою даного веб-симулятора є його багатомовність. Тому у лівій частині меню є спеціальний перемикач, за допомогою якого виконавець може обрати зручну для нього мову лабораторної роботи: англійську чи українську.

З правого боку сторінки є повзунок, прокрутивши який можна в повній мірі ознайомитися з теоретичними відомостями лабораторної роботи. Тут варто зазначити, що веб-симулятор розроблений з огляду на те, що студентам необхідно буде вивчити необхідні матеріали, попередньо окремо надані викладачем, в більшому обсязі ще до початку роботи.

Опир біоб'єктів

lv-bioobject-resistance.vercel.app

Укр

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

Розпочати тестування

Мета роботи:

1. З'ясувати механізми електропровідності біоб'єктів під дією постійного та змінного електричних полів.

2. Оволодіти методикою визначення активного опору та дослідити частотну залежність імпедансу біоб'єкта.

3. Розрахувати коефіцієнти поляризації для зразків живої та мертвої тканини рослинного походження.

Обладнання та матеріали:

1. Електровимірвальні прилади: омметр, вольтметр, міліамперметр.

2. Генератор звуку.

3. Мідні електроди.

4. Зразки живої та мертвої тканини рослинного походження (картопля).

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Біологічні тканини мають такі властивості:

1. Активний опір.

Протікання постійного та змінного електричного струму через біологічну тканину завжди супроводжується виділенням теплової енергії, що свідчить про наявність активного (омічного) опору R . Величина цього опору залежить від розмірів об'єкта та його електричних властивостей, які можуть визначатися специфікою. електропровідність. Можна показати, що питома провідність речовини (γ) визначається концентрацією зарядів (c), їх розміром (e) і мобільністю (z):

$$\gamma = c \cdot e \cdot z \cdot b$$

Відповідно, від цих величин залежить величина електричного опору або провідності біологічних тканин однакового геометричного розміру.

Питомий опір різних біологічних тканин може відрізнятися в тисячу разів, що визначається, насамперед, концентрацією вільних зарядів у середовищі течії біологічних тканин.

2. Їмнісні властивості біологічних тканин.

За своєю структурою більшість біологічних тканин складаються з послідовних шарів, які добре або погано проводять струм, тобто їх структура відповідає структурі конденсатора. Другою складовою ємності біологічних тканин є ємність клітинних мембран, яка, як відомо, є досить високою. Про ємнісні властивості біологічних тканин свідчать такі факти:

I. із збільшенням частоти електричного струму імпеданс біологічної тканини зменшується;

II. амплітуда струму випереджає значення амплітуди напруги.

Величина опору ємності визначається за формулою:

$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

де ω - циклічна частота змінного струму.

3. Індуктивні властивості біологічних тканин.

Конструктивно ці властивості виражені слабо. Індуктивний реактивний опір має місце лише на дуже високих частотах змінного струму (область НВЧ і КВЧ коливань). Величина опору електропровідності визначається за формулою:

$$X_L = \omega L$$

Електричні кола можуть включати різні елементи (R , X_c і X_L) активується в схемі довільно. Загальний опір електричного кола, що містить ці елементи, змінному струму називається **імпедансом Z** . Опір біodeградації змінним струмом розраховується за формулою:

$$Z = \frac{U_{ef}}{I_{ef}} \quad (1)$$

U_{ef} і I_{ef} - відповідно діючі значення напруги та сили струму в електричному колі

Експериментальне дослідження біологічної тканини доводить, що найпростіші аналогічні електричні схеми біологічних тканин можна отримати за рахунок послідовного і паралельного з'єднання R і C (рис. 1). Таке з'єднання елементів у схемі забезпечує збіг частотних залежностей імпедансу біологічної тканини та заданих ланцюгів.

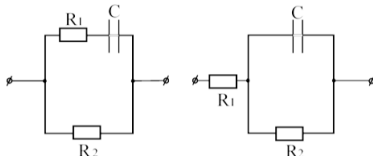


Рисунок 1

Рисунок 3.5 – Початкова сторінка (частина 1)

Рисунок 1

Залежність загального опору (імпедансу) від частоти змінного струму - називається дисперсією імпедансу. Для біологічних тканин дисперсія імпедансу має складний вигляд (рис. 2).

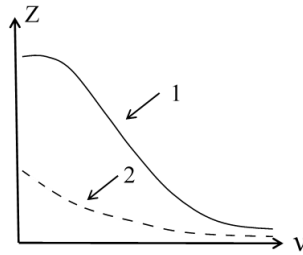


Рисунок 2

Вимірювання електропровідності біологічних тканин дає можливість вивчати процеси, що відбуваються в живих клітинах і тканинах при зміні їх фізіологічного стану як при нормальній, так і при патологічній дії факторів, що пошкоджують тканину. У цьому випадку низька напруга не робить істотного впливу на фізико-хімічні процеси, що відбуваються в біологічних об'єктах.

Для оцінки дисперсії імпедансу біологічних тканин використовуємо коефіцієнт дисперсії імпедансу K , який дорівнює відношенню імпедансу біологічних тканин на низьких частотах $Z(lf)$ і високих $Z(hf)$:

$$K = \frac{Z(lf)}{Z(hf)} \quad (2)$$

На практиці дисперсія імпедансу біологічної тканини вимірюється в діапазоні частот 1000 Гц (низька частота) - 10 МГц (висока частота). Для цих частот значення K для живої тканини дорівнює 10-15, а для пошкодженої або мертвої тканини дорівнює 1. За значенням цього коефіцієнта можна зробити висновок про життєздатність біотканин або органів, що підлягають трансплантації.

ОПИС МЕТОДУ ТА ПРИСТРОЮ

Дана лабораторна робота складатиметься з двох завдань.

Перше завдання присвячене вимірюванню опору живого та неживого біологічного об'єкта рослинного походження при постійному струмі. Електрична схема установки складатиметься з омметра та зразків біологічних об'єктів (живого та неживого по черзі). Вимірювання опору буде проходити для кожного зразка окремо в момент підключення кола та через 3 хвилини.

Друге завдання передбачає дослідження дисперсії імпедансу живого та неживого зразків рослинного походження. Електрична установка складається зі звукового генератора, вольтметра, міліамперметра та біологічних зразків (рис. 3). Дані про струм та напругу в колі заноситимуться в таблицю при різних значеннях частоти для кожного зразка окремо.

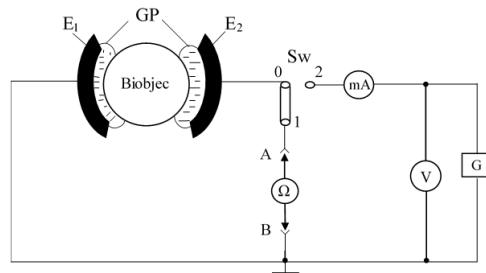


Рисунок 3

Після зняття всіх необхідних даних необхідно буде розрахувати значення імпедансу Z окремо для живого та неживого зразка за формулою (1). Завдання завершується визначенням коефіцієнту поляризації K за обох зразків за формулою (2). При цьому значення для високої частоти беруть при $F = 1000$ Гц, а для низької частоти при $F = 20000$ Гц.

Зверніть увагу, запишіть основну інформацію теоретичних відомостей до свого звіту.

Коли будете готові перейти до наступної частини роботи натисніть кнопку Розпочати тестування.

Успіхів!

Рисунок 3.6 – Початкова сторінка (частина 2)

Оскільки, перевірка рівня засвоєння теоретичних відомостей студентами здійснюється безпосередньо в роботі, за допомогою набору тестових запитань, що з'являються у випадковому порядку, в правій частині меню було розміщено кнопку «Розпочати тестування». Натиснувши на неї, студент може перейти до наступного етапу роботи та потрапляє на сторінку тестування (рисунки 3.7).

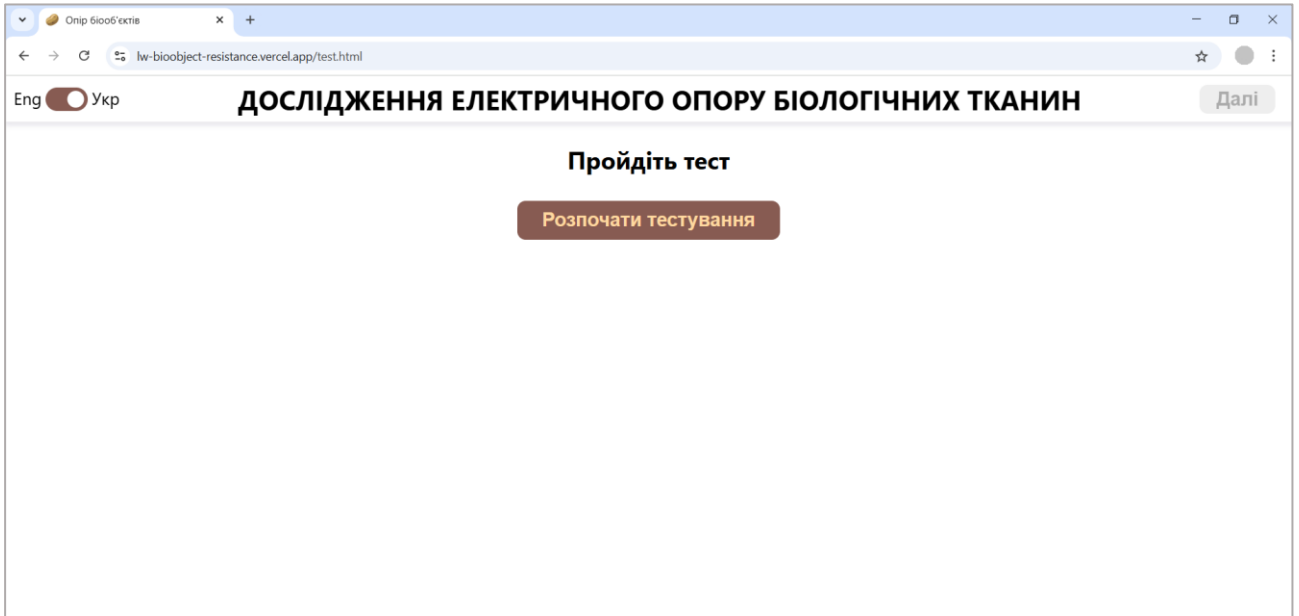


Рисунок 3.7 – Початок тестування

Після натискання кнопки «Розпочати тестування», що розміщена в центрі екрану, виконавець побачить 10 запитань, передбачених тестом, що відображаються по черзі (рисунок 3.8). У правому верхньому кутку встановлено обмеження за часом, протягом якого можна давати відповідь. Якщо час закінчиться до того, як студент обере відповідь, то завдання зарахується як неправильно виконане.

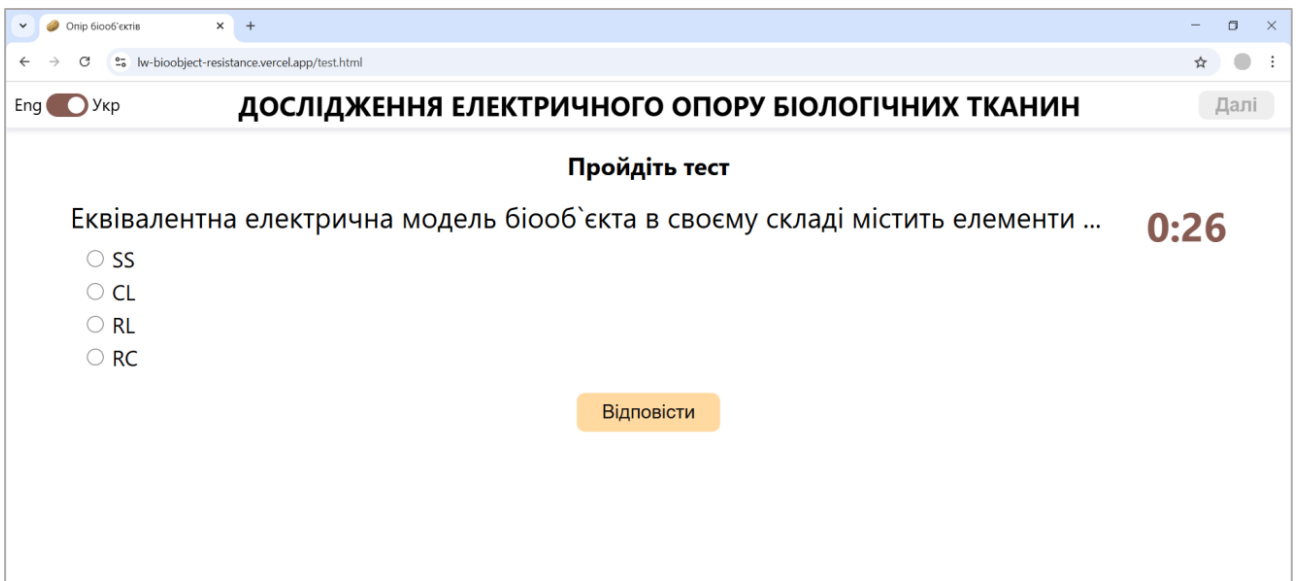


Рисунок 3.8 – Запитання до теоретичних відомостей

Якщо правильних відповідей було замало, наповнення сторінки зміниться таким чином (рисунок 3.9):

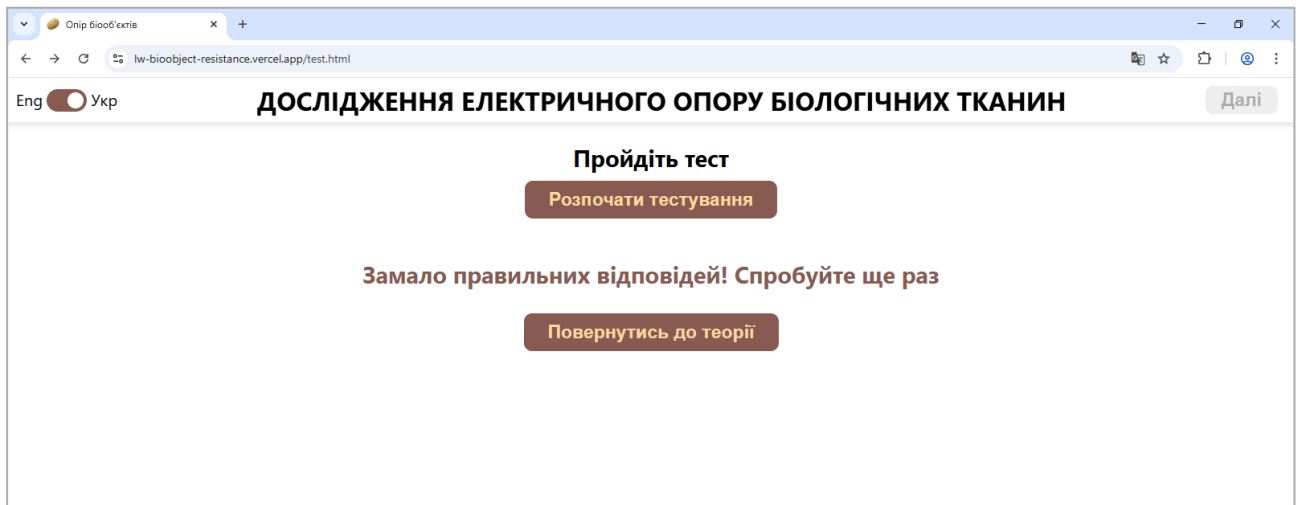


Рисунок 3.9 – Недостатня кількість правильних відповідей

Якщо ж правильних відповідей більше 50%, то повідомлення зміниться відповідно (рисунок 3.10):

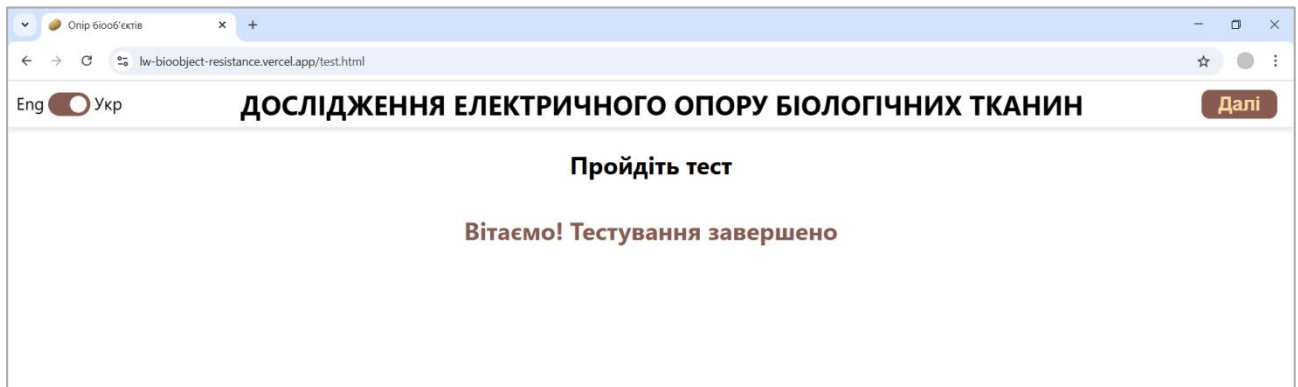


Рисунок 3.10 – Успішне завершення тестування

Щоб продовжити виконання лабораторної роботи, необхідно натиснути на кнопку «Далі», що знаходиться у правому верхньому кутку. Перейшовши на сторінку з першим завданням (рисунок 3.11), користувач бачить меню приладів, де варто обрати із запропонованих об'єктів ті, що необхідні для виконання першого завдання роботи.

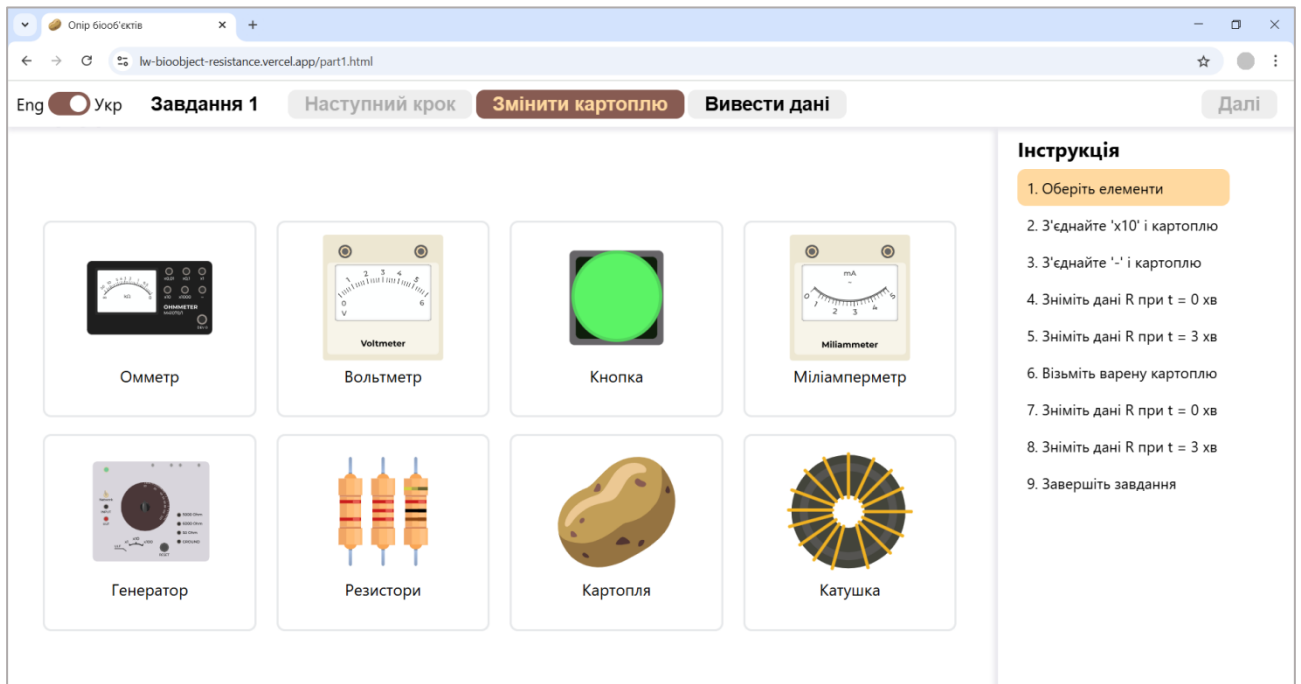


Рисунок 3.11 – Меню вибору об'єктів

Тут також слід звернути увагу на те, що при неправильному виборі необхідних приладів користувач отримає відповідне повідомлення та матиме можливість зробити вибір повторно (рисунок 3.12).

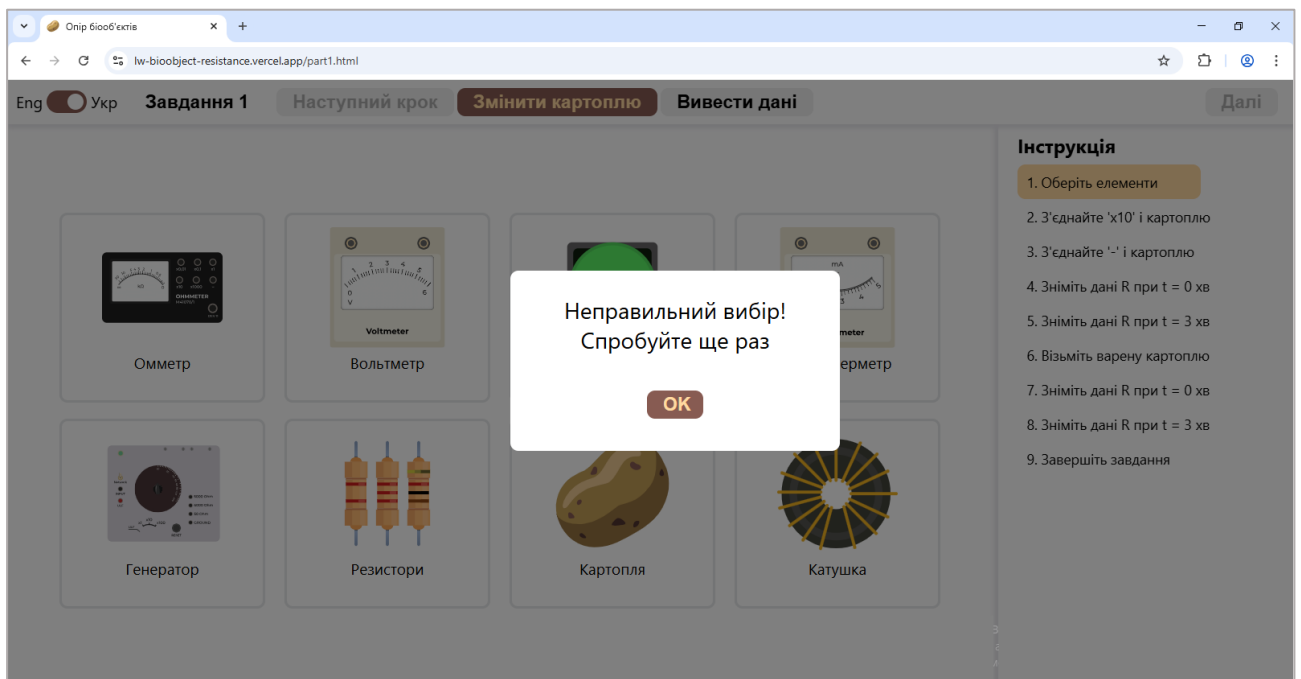


Рисунок 3.12 – Повідомлення про неправильно обрані елементи

Однією із особливостей даного симулятора є його чіткість дотримання інструкцій. Щоб перебіг виконання лабораторної роботи відбувався за планом, було прийнято рішення фіксувати кожен крок користувача. Такий підхід дозволить уникнути хаотичних дій студента зі стендом, а установка реагуватиме лише на ту дію, яка передбачена поточним пунктом інструкції. Крім того, система самостійно визначає виконання умов того чи іншого пункту інструкції і не допускає переходу до наступного пункту доки попередній не буде виконано. Тому, для збереження цілісності та послідовності дій користувача, до меню екрану була додана кнопка «Наступний крок». За замовчуванням вона є недоступною для натискання (про це свідчить відмінність її зовнішнього вигляду від кнопки «Вивести дані»), однак, коли умови поточного пункту інструкції виконано, кнопка стає доступною щоб користувач натиснув на неї та перейшов до наступного пункту інструкції (рисунок 3.13).

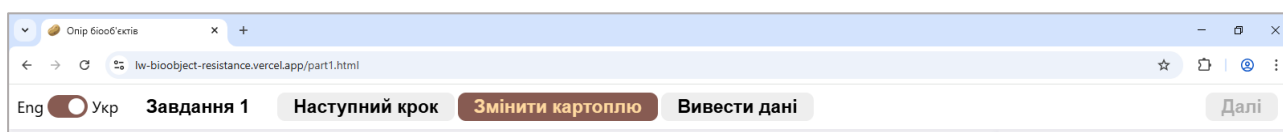


Рисунок 3.13 – Початковий вигляд сторінки першого завдання

Після того як користувач правильно обере необхідні прилади та натисне кнопку «Наступний крок», йому потрібно буде зібрати установку досліду дотримуючись інструкцій, зображених в правій частині екрану. Якщо з'єднання буде зроблене неправильно, користувач, по аналогії до тестування, отримає відповідне повідомлення (рисунок 3.14).

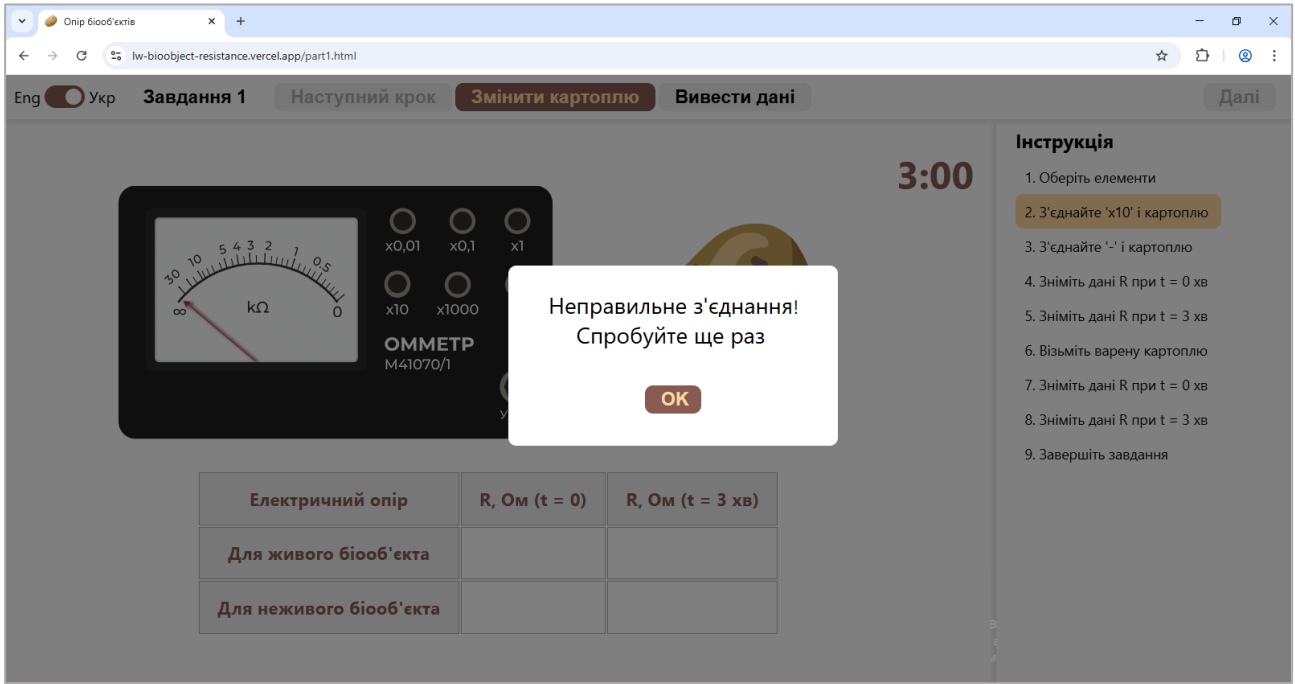


Рисунок 3.14 – Повідомлення про неправильне з'єднання елементів

Якщо ж студент уважно читатиме інструкції та виконуватиме всі дії правильно, то по мірі натискання клем приладів, на екрані з'являтимуться відповідні з'єднувальні дроти (рисунок 3.15)

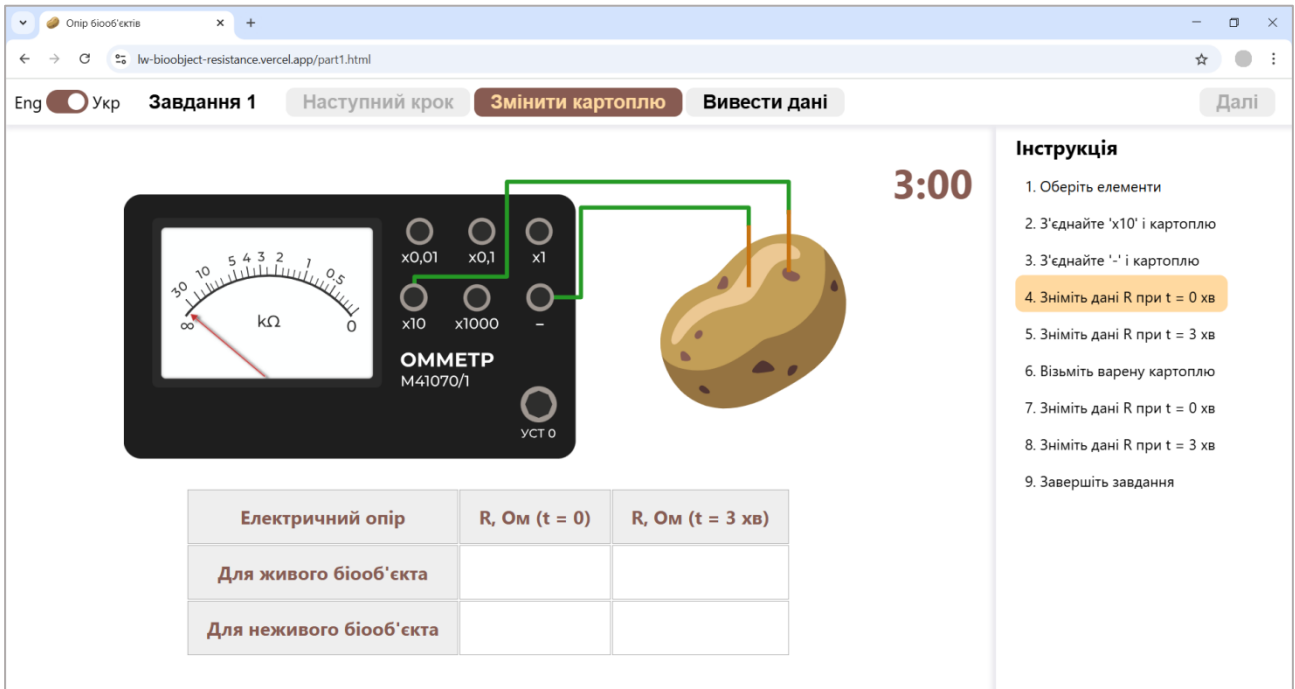


Рисунок 3.15 – Готова схема для першого завдання

Далі студентові необхідно слідувати крокам прописаним у інструкції, дійти до кінця й отримати дані у таблицю. Варто звернути увагу, що на рисунку 3.16 знаходиться вже варена картопля, оскільки на кроці 6 її потрібно змінити за допомогою кнопки «Змінити картоплю».

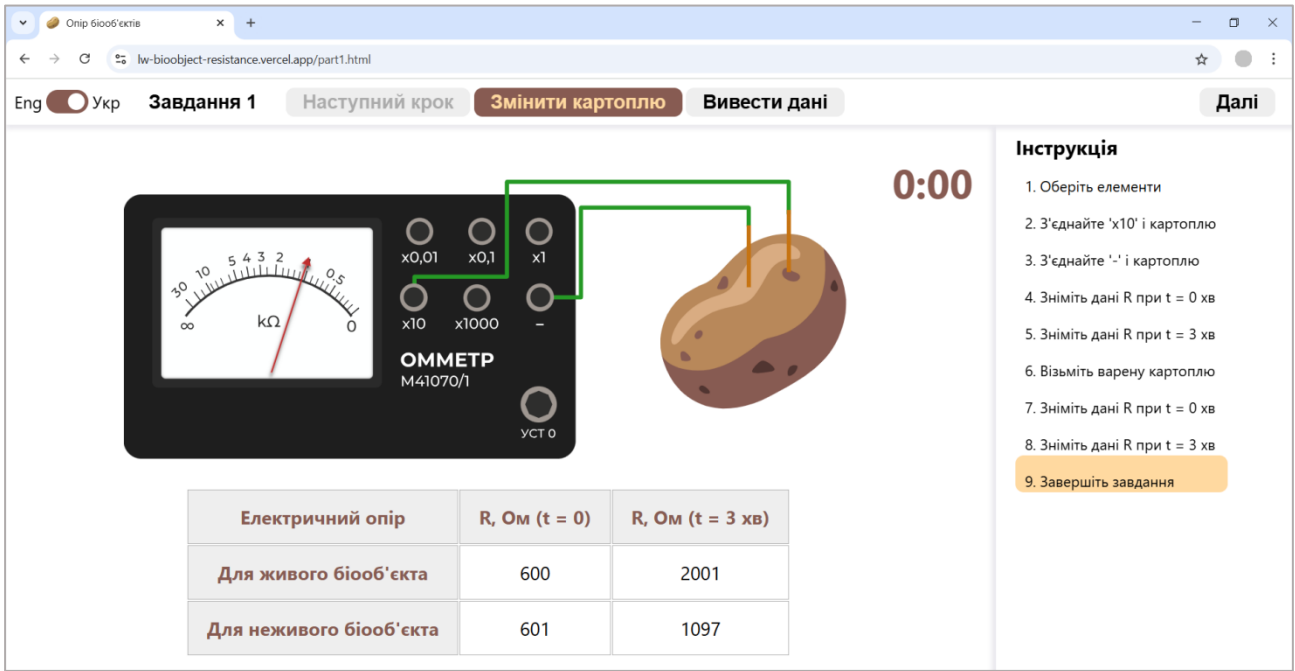


Рисунок 3.16 – Завершення першого завдання

Для остаточного завершення виконання першого завдання та переходу до другого, необхідно натиснути кнопку «Далі», що знаходиться у правому верхньому кутку екрану. Слід зауважити, що увесь час, поки студент виконував перше завдання, ця кнопка була недоступна для натискання. Таких заходів було вжито для уникнення шахрайства з боку студентів та гарантії виконання завдань повністю. Отож, після переходу на наступну сторінку, студент знову бачить меню приладів, а обравши елементи й зібравши їх у схему студент отримує вигляд сторінки, зображений на рисунку 3.17.

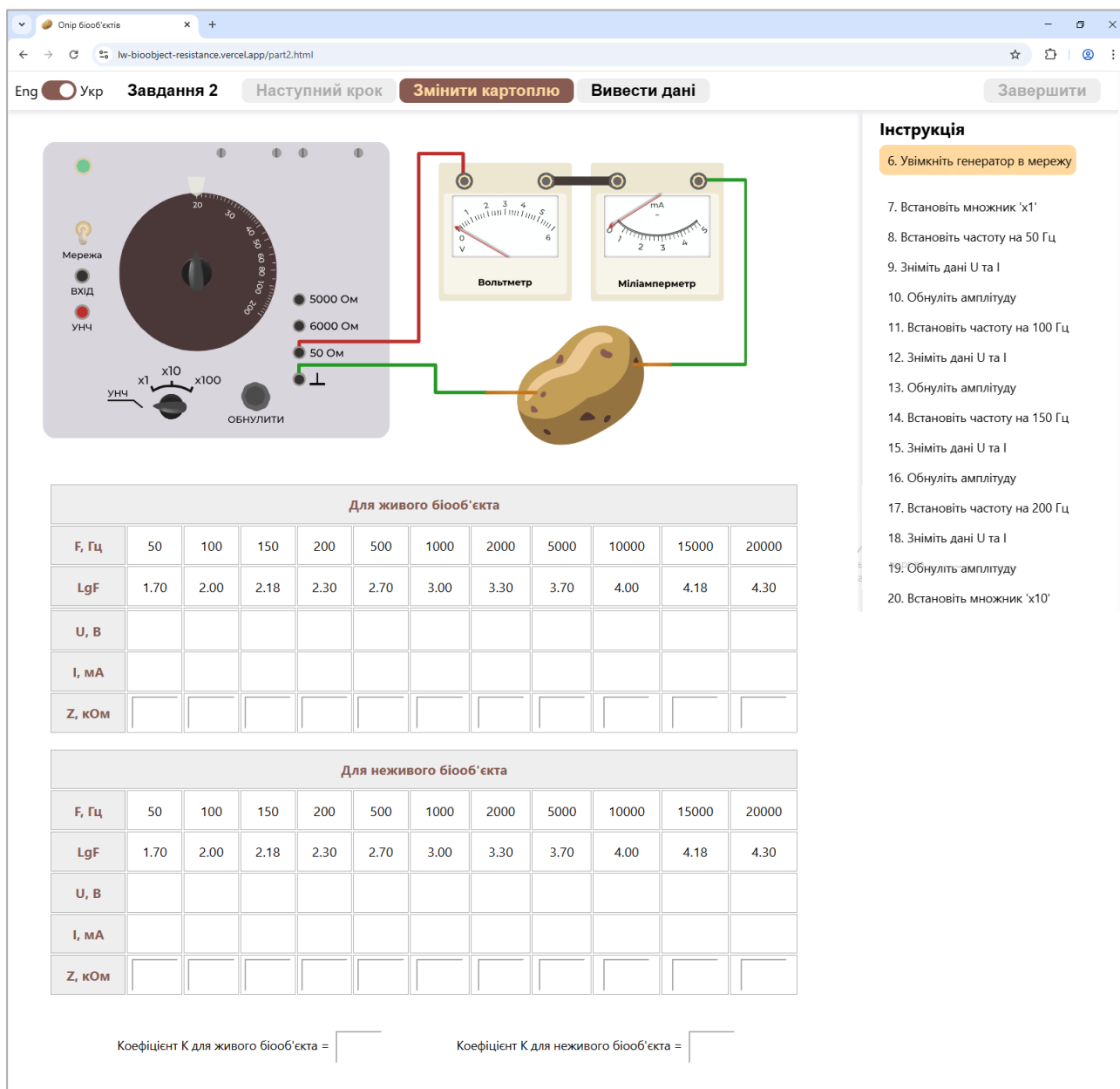


Рисунок 3.17 – Готовая схема для другого задания

Під схемою знаходиться дві таблиці – для живого та неживого біооб’єктів, що поступово заповнюються даними напруги U і сили струму I в ході виконання інструкції. Деякі дані, такі як значення частоти F та її логарифма вже є в таблиці. А опір біотканини Z й коефіцієнт дисперсії імпедансу K виконавець повинен розрахувати самостійно, за попередньо наведеними формулами, та занести у відповідні комірки (рисунк 3.18).

Опир біоб'єктів

lv-bioobject-resistance.vercel.app/part2.html

Eng

Укр

Завдання 2

Наступний крок

Змінити картоплю

Вивести дані

Перевірити

Завершити

LgF	1.70	2.00	2.18	2.30	2.70	3.00	3.30	3.70	4.00	4.18	4.30
U, В	0.81	0.8	0.83	0.82	0.79	0.83	0.78	0.8	0.82	0.81	0.79
I, мА	2.42	2.4	2.43	2.42	2.38	2.6	2.61	2.98	3.59	3.83	4.39
Z, кОм											

Для неживого біоб'єкта

F, Гц	50	100	150	200	500	1000	2000	5000	10000	15000	20000
LgF	1.70	2.00	2.18	2.30	2.70	3.00	3.30	3.70	4.00	4.18	4.30
U, В	0.41	0.38	0.43	0.4	0.39	0.41	0.41	0.41	0.39	0.42	0.4
I, мА	4.02	4	3.98	3.79	3.81	3.62	3.82	3.81	4.02	3.61	4.02
Z, кОм											

Коефіцієнт К для живого біоб'єкта =

Коефіцієнт К для неживого біоб'єкта =

Інструкція

80. Розрахуйте значення опору Z та коефіцієнту поляризації K

Рисунок 3.18 – Внесення даних в таблиці

Якщо розраховані вручну значення є вірними, то на екрані з'являється відповідне повідомлення (рисунок 3.19).

Опир біоб'єктів

lv-bioobject-resistance.vercel.app/part2.html

Eng

Укр

Завдання 2

Наступний крок

Змінити картоплю

Вивести дані

Перевірити

Завершити

LgF	1.70	2.00	2.18	2.30	2.70	3.00	3.30	3.70	4.00	4.18	4.30
U, В	0.81	0.8	0.83	0.82	0.79	0.83	0.78	0.8	0.82	0.81	0.79
I, мА	2.42	2.4	2.43	2.42	2.38	2.6	2.61	2.98	3.59	3.83	4.39
Z, кОм	335	333	342	339	332						180

Для неживого біоб'єкта

F, Гц	50	100	150	200	500	1000	2000	5000	10000	15000	20000
LgF	1.70	2.00	2.18	2.30	2.70	3.00	3.30	3.70	4.00	4.18	4.30
U, В	0.41	0.38	0.43	0.4	0.39	0.41	0.41	0.41	0.39	0.42	0.4
I, мА	4.02	4	3.98	3.79	3.81	3.62	3.82	3.81	4.02	3.61	4.02
Z, кОм	102	95	108	106	102	113	107	108	97	116	100

Коефіцієнт К для живого біоб'єкта = 2

Коефіцієнт К для неживого біоб'єкта = 1

Відмінно!

OK

Інструкція

80. Розрахуйте значення опору Z та коефіцієнту поляризації K

Рисунок 3.19 – Правильність розрахованих значень

А далі, натиснувши кнопку «Завершити», користувач перейде на фінальну сторінку роботи, на якій буде зазначено його результат проходження лабораторних завдань (рисунок 3.20).

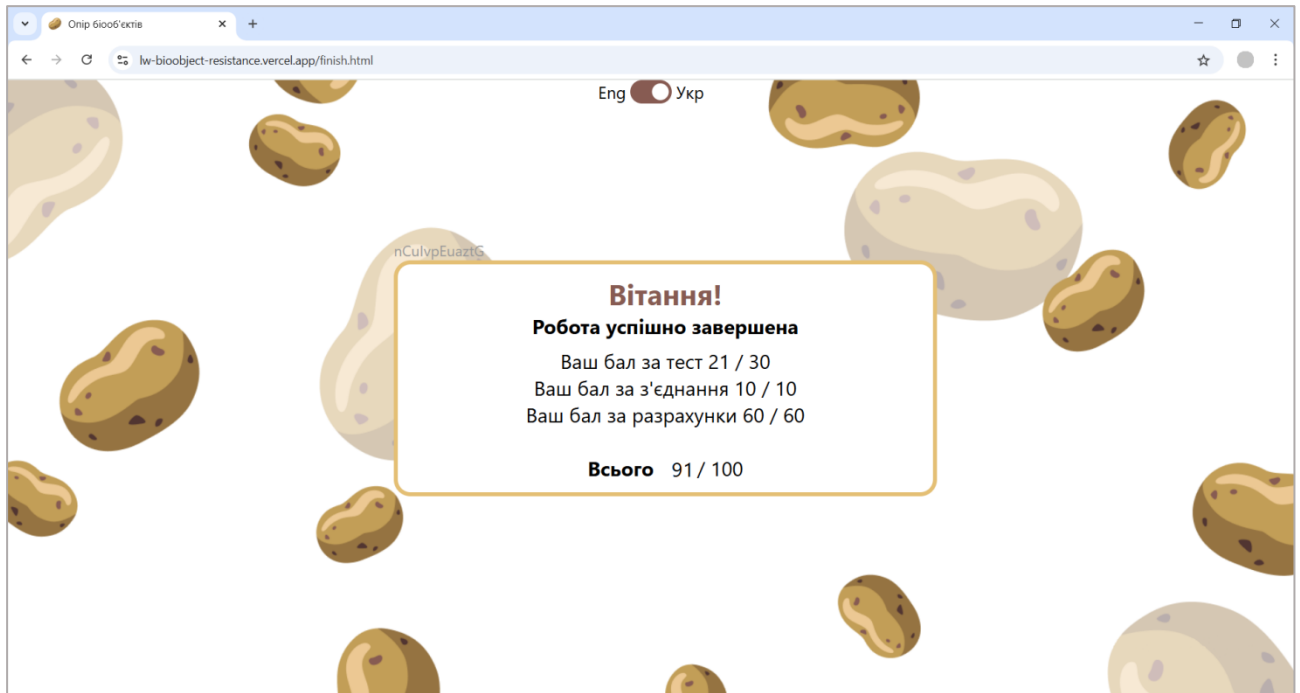


Рисунок 3.20 – Результати виконання лабораторної роботи

3.5 Аналіз отриманих результатів

Тестування графічної складової симулятора, проведене в попередньому розділі показало, що функціональна частина системи працює коректно та справно. А також враховує усі можливі нештатні ситуації, що вірогідно виникали б під час взаємодії користувача зі сторінками симулятора. Цей підрозділ присвячений перевірці якісної складової системи, а саме її часоємності та релевантності вхідних даних.

3.5.1 Часові характеристики виконання лабораторної роботи

В даному контексті часові характеристики системи мають на увазі час, що витрачається учасниками освітнього процесу на виконання даної лабораторної роботи. Говорячи про очний її перебіг неможливо не згадати те, що під час виконання роботи в аудиторії має місце велика кількість затримок, які виникають в результаті недостатньої кількості приладів для конкретного дослідження та працівників лабораторії. Детальніше етапи виконання лабораторної роботи та проміжки часу, що їм необхідна зазначені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Часові характеристики виконання лабораторної роботи

Етап роботи	Офлайн виконання	Онлайн виконання
Попередня підготовка приладів викладачем	15 хвилин	—
Урочне опрацювання студентом теоретичних відомостей	10 хвилин	10 хвилин
Перевірка засвоєння теоретичних відомостей	—	3 хвилини
Перше завдання		
Збір схеми	5 хвилин	2 хвилини
Перевірка готовності схеми	10 хвилин	—
Заповнення таблиці даних	17 хвилин	8 хвилин
Друге завдання		
Збір схеми	8 хвилин	3 хвилини
Перевірка готовності схеми	10 хвилин	—
Заповнення таблиці даних	23 хвилини	12 хвилин
Проведення розрахунків	15 хвилин	15 хвилин
Перевірка розрахунків	10 хвилин	1 хвилина
Підсумки		
Захист роботи та отримання оцінки	20 хвилин	1 хвилина
Всього	143 хвилини	55 хвилин

Перше, про що варто пам'ятати, це те, що етап «Попередня підготовка приладів викладачем» відбувається ще до початку заняття та зазвичай вимагає

достатньо багато часу при офлайн виконанні роботи. Якщо ж говорити за онлайн формат, то цей пункт абсолютно не потребує ніяких часових затрат, адже усі, необхідні в подальшому, прилади вже підвантажені в систему.

Другий етап лабораторної роботи – «Урочне опрацювання студентом теоретичних відомостей» має на увазі короткий перегляд теорії безпосередньо перед виконанням роботи, не беручи до рахунку час, що студенти мали витратити на самостійне первинне ознайомлення з роботою вдома. В обох варіантах виконання цей етап займає однакову кількість часу. Однак, слід зазначити, про необхідність роздруковування теоретичних матеріалів та звіту в цілому при проведенні лабораторної офлайн, що скоріш відноситься до матеріальних витрат.

Третій етап – «Перевірка засвоєння теоретичних відомостей» притаманний більше онлайн формату, адже для його реалізації в даному симуляторі є вбудовані тестові запитання. При очному виконанні лабораторної роботи цей етап можна розглядати більше як складову остаточної перевірки роботи, яка, за обмежень по часу заняття, може опускатися і цим негативно впливати на рівень отримання знань студентами.

Переходячи безпосередньо до виконання лабораторної роботи, першочерговим є складання та перевірка правильності з'єднань електричного кола. Зазвичай, саме перевірці готовності схеми приділяється багато уваги (а відповідно і часу) з боку викладачів або працівників лабораторії. Адже прилади, що здебільшого представлені в одиничній кількості є дуже цінними і потребують максимальної точності дотримання техніки безпеки та правил користування, що студентами самостійно не завжди в повній мірі контролюється. В даному ж симуляторі відпадає потреба очікування, доки до виконавця дійде черга з охочих продемонструвати викладачу свою зібрану установку. Цей процес є повністю автоматизованим та повідомляє про неправильність складених елементів одразу, не даючи змоги продовжити роботу без внесення відповідних коректив.

Етап «Заповнення таблиці даних» при фізичному виконанні більш часоємніший за рахунок людського фактору, що проявляється в таких речах як

слідкування за часом, записування даних вручну і тп. Слід також зазначити, що при очному виконанні лабораторної роботи, студенти витрачають час також на визначення розмірності та ціни поділки кожного із запропонованих приладів, а це безпосередньо впливає також на правильність подальших розрахунків. А помилка допущена на даному етапі може призвести до необхідності переробляти лабораторну роботу на 90%.

Наступний етап, який варто прокоментувати, це «Проведення розрахунків». За формулами, вказаними у теоретичних відомостях та даними, внесеними у таблиці на попередньому кроці, студент має вручну розрахувати шукану величину опору Z для кожного з вимірювань у стовпцях таблиці, а також конкретні значення коефіцієнта K . Логічним тут є використання калькулятора, внесення послідовності чисел, в який вимагає трохи часу. Основною ж відмінністю між офлайн та онлайн виконанням на цьому етапі є спосіб фіксування результатів – ручкою на папері або ж набиранням на комп'ютері, але на час він впливає.

«Перевірка розрахунків» – етап, що більше відповідає очному перебігу виконання лабораторної роботи, аналогічно до перевірки викладачем правильності з'єднань в електричному колі. В симуляторі ж перевірка відбувається миттєво, одразу після натискання на відповідну кнопку та не потребуючи додаткового часу.

Останній етап – «Захист роботи та отримання оцінки» є найбільш відмінним з точки зору часових витрат. Адже в симуляторі він полягає лише в переході на фінальну сторінку, що демонструє виконавцю його сукупний бал за усі складові роботи. На відміну від фізичного виконання, що потребує ретельної підготовки з боку студента та доскональної перевірки, по усіх пунктах лабораторної, з боку викладача. Які зможуть дійти до виставлення задовільної оцінки лише при налагодженому діалозі.

Таким чином, зважаючи на часоємність кожного етапу лабораторної роботи, зазначеного в таблиці 3.1 можна зробити висновок про те, що виконання лабораторної роботи за допомогою симулятора займає менше часу, що дозволяє

студентові більш ретельно опрацювати теоретичні відомості до роботи. Використовуючи веб-версію роботи освітяни не мають необхідності чекати доки викладач перевірить їх установку, визначить правильність розрахунків тощо.

3.5.2 Порівняння числових результатів

Під час якісного тестування програмного забезпечення неможливо звернути увагу на правильність наданих ним даних. Адже зробити остаточний висновок про якість системи та її релевантність можна лише переконавшись в тому, що дані, які вона генерує близькі до оригінальних, отриманих на практиці. Особливо, коли мова йде про такі симулятори, які наслідують поведінку реальних фізичних процесів.

Далі пропонуються для порівняння таблиці даних, що були отримані під час фізичного виконання досліду та онлайн проведення лабораторної роботи.

Таблиця 3.2 – Дані отримані в першому завданні при реальному виконанні

Електричний опір	R, Ом (t = 0)	R, Ом (t = 3 хв)
Для живого біооб'єкта	600	2 000
Для неживого біооб'єкта	600	1 100

Таблиця 3.3 – Дані отримані в першому завданні при віртуальному виконанні

Електричний опір	R, Ом (t = 0)	R, Ом (t = 3 хв)
Для живого біооб'єкта	600	2 000
Для неживого біооб'єкта	500	1 000

Аналізуючи наведені вище таблиці неважко бачити, що модельований дослід доволі чітко відображає поведінку реальних об'єктів та явищ. А зважаючи на те, що ціна поділки омметра складає 0.1 кОм (або 100 Ом), можна зробити

висновок про те, що коливання значень, отриманих для неживого об'єкта знаходиться в межах норми.

Таблиця 3.3 – Дані отримані в другому завданні при реальному виконанні

F, Hz	50	100	150	200	500	1000	2000	5000	10000	15000	20000
LgF	1,70	2,00	2,18	2,30	2,70	3,00	3,30	3,70	4,00	4,18	4,30
Для живого біооб'єкта											
U, V	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
I, mA	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,6	2,6	3,0	3,6	3,8	4,4
Z, Ом	333	333	333	333	333	307	307	266	222	210	181
K	2										
Для неживого біооб'єкта											
U, V	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
I, mA	4	4	4	3.8	3.8	3.6	3.8	3.8	4	3.6	4
Z, Ом	100	100	100	105	105	111	105	105	100	111	100
K	1										

Таблиця 3.4 – Дані отримані в другому завданні при віртуальному виконанні

F, Hz	50	100	150	200	500	1000	2000	5000	10000	15000	20000
LgF	1,70	2,00	2,18	2,30	2,70	3,00	3,30	3,70	4,00	4,18	4,30
Для живого біооб'єкта											
U, V	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
I, mA	2,4	2,4	2,8	2,6	2,8	2,8	3,2	3,2	3,6	3,8	4
Z, Ом	333	333	286	308	286	286	250	250	222	211	200
K	2										
Для неживого біооб'єкта											
U, V	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
I, mA	4,2	4	3,8	4,2	4,2	3,8	4	4,2	4	4,2	4,2
Z, Ом	143	150	158	143	143	158	150	143	150	143	143
K	1										

Досліджуючи таблиці 3.3 та 3.4 можна переконатися в тому, що згенеровані системою дані цілком співпадають з показниками отриманими під

час проведення дослідів з реальними приладами. Навіть невеликі коливання даних, спричинені різними фізичними завадами або специфічними характеристиками конкретного біологічного зразка, не змогли призвести до серйозної похибки або спричинити некоректність даних.

Підсумовуючи дослідження якісних показників системи, проведених у цьому розділі можна вважати, що розроблений веб-симулятор виконує поставлену задачу та досягає мети, зазначеної на початку даної магістерської роботи.

3.6 Висновки третього розділу

Даний розділ був присвячений розробці та тестуванню спроектованого в другому розділі веб-симулятора. Наведено процес дизайну, реалізації, моніторингу коду та розгортання продукту. Описано основні програмні та Інтернет-засоби, за допомогою яких були зроблені вказані дії. Загалом для створення симулятора були використані такі продукти:

- Figma – для дизайну та прототипування;
- Visual Studio Code – для написання коду;
- GitLab – для збереження та моніторингу версій;
- Vercel – для розгортання.

Також був здійснений запуск веб-симулятора за чинним посиланням та проведено тестове виконання лабораторної роботи.

Крім того, були проведені порівняння та аналіз часу, що витрачається на виконання лабораторної роботи з реальними приладами та симулятором, на користь останнього. Та перевірені показники фізичних процесів, отриманих в симуляторі з тими, що були отримані під час очного проведення заняття.

Було з'ясовано, що розроблений симулятор повністю задовольняє зазначені вимоги та досягає поставленої мети.

ВИСНОВКИ

Перший розділ був присвячений всебічному аналізу предметної області, у межах якої здійснювалася розробка програмного забезпечення. Особливу увагу приділено дослідженню сучасного стану організації освітнього процесу та чинників, що негативно впливають на якість надання освітніх послуг. У результаті проведеного аналізу було визначено ключові тенденції розвитку цифрових інструментів у навчанні, зокрема окреслено місце та масштаби використання симуляторів у підготовці студентів технічних і медичних спеціальностей. Окремим аспектом розглянуто наукове та методичне значення поняття електропровідності біологічних об'єктів, а також структуру відповідної лабораторної роботи, яка застосовується для вивчення цього явища у традиційних навчальних умовах. Крім того, проведено порівняльний аналіз наявних на ринку симуляторів і апаратно-програмних рішень, таких як COMSOL Multiphysics, pyEIT та OpenEIT, що дозволяють моделювати та досліджувати електричні властивості біооб'єктів. Було визначено їх переваги, недоліки та обмеження. Проте, розглянуті симулятори виявилися занадто комплексними та важкими для швидкого розуміння, підкреслюючи свою недоцільність для проведення розглянутого попередньо лабораторного заняття. Таким чином, було сформульовано необхідність розробки нового, спеціалізованого симулятора, що орієнтуватиметься одразу на конкретне лабораторне заняття, передбачене навчальним планом. За підсумками дослідження зроблено проміжні висновки, які стали основою для формування вимог до майбутньої системи.

У другому розділі здійснено проектування архітектури веб-орієнтованого програмного забезпечення, що реалізує функції навчального симулятора. Детально обґрунтовано вибір архітектурного підходу, описано його структурні компоненти та взаємодію між ними. Для дотримання логічного зв'язку з реальною роботою та прототипування алгоритму реальних дій освітян, до переліку складових системи увійшло 6 компонентів: теоретичні відомості,

тестування, інструкції до виконання, отримання фізичних показників під час досліду, розрахунки, висновки. Для візуалізації організації роботи майбутнього застосунку побудовано 4 UML-діаграми різних типів, що дозволяють розглянути систему як з позицій структурної побудови, так і з погляду поведінкових особливостей. Додатково розроблено перелік інструкцій для користувача, що координують його дії під час проходження лабораторної роботи в онлайн-режимі. А також виконано вибір інструментів і технологій, необхідних для реалізації програмного продукту, таких як: HTML, CSS та JavaScript, що є базовими інструментами для сучасної веб-розробки. В якості допоміжного інструменту була використана технологія Cookie, що спрощує процес обміну інформацією між різними модулями системи.

У третьому розділі описано практичний етап реалізації веб-симулятора, який включає розробку його графічного інтерфейсу, структурування користувацьких сценаріїв та написання програмного коду, що забезпечує функціональність системи. Процес створення програмного забезпечення супроводжувався детальними поясненнями щодо застосованих технологій та інструментів, що дозволило відобразити логіку прийняття рішень під час реалізації функціональних модулів. Після завершення етапу розробки було проведено розгортання системи з репозиторію GitLab на хостингову платформу Vercel, з додатковим обґрунтуванням їх актуальності для даної роботи. Виконано тестування роботи у режимі взаємодії з користувачем. Тестовий процес включав графічну фіксацію послідовності виконання лабораторної роботи, що дало змогу оцінити коректність роботи симулятора та відтворення ним реальних експериментальних умов.

Підсумовуючи проведене в третьому розділі дослідження якісних показників функціонування розробленої системи, можна зробити висновок, що створений веб-симулятор повністю відповідає поставленим завданням та реалізує функціональність, визначену на етапі формування мети магістерської роботи. Порівняння результатів, отриманих під час роботи з симулятором, із даними, зафіксованими при виконанні аналогічної лабораторної роботи у

реальних умовах, продемонструвало їх 100%-ву збіжність. Зокрема коефіцієнт поляризації K , визначення якого є головною метою лабораторної роботи, під час реального виконання становив $K = 2$ для живого біооб'єкта та $K = 1$ для неживого. Те саме можна сказати і про виконання роботи в симуляторі. Змодельований дослід показав значення коефіцієнта $K = 2$ для сирої картоплі та $K = 1$ для вареної. Такий збіг емпіричних даних підтверджує коректність математичної моделі, логіки алгоритмів і точність відтворення експериментального процесу засобами веб-технологій. Враховуючи отримані результати, розробку можна вважати успішною, а сам симулятор придатним до використання в освітньому середовищі для якісного відтворення відповідного лабораторного експерименту.

Додатковою перевагою запропонованого веб-симулятора є значна економія часу та підвищення зручності виконання лабораторної роботи. На відміну від аудиторного заняття, яке потребує попереднього налаштування обладнання, перевірки його працездатності та очікування черги на використання окремих приладів, робота в симуляторі здійснюється миттєво та без технічних затримок. Студент може одразу перейти до виконання експерименту, що скорочує загальну тривалість лабораторної роботи та підвищує ефективність навчального процесу. Порівняння часових затрат на перебіг лабораторної роботи показало, що для фізичного її виконання учасникам освітнього процесу знадобиться щонайменше 143 хвилини, а на проходження роботи з використанням симулятора – лише 55 хвилин. Таким чином, використання продукту економить затрати часу в цілих 2,6 разів!

Крім того, впровадження такого інструменту усуває одну з ключових організаційних проблем традиційних лабораторних занять – нестачу обладнання або його нерівномірний розподіл між підгрупами. Завдяки використанню веб-симулятора викладач отримує можливість забезпечити всім студентам рівний доступ до однакових умов виконання експерименту, незалежно від кількості фізичних приладів у лабораторії. Це сприяє підвищенню об'єктивності оцінювання, уніфікації навчального досвіду та створює передумови для більш якісного засвоєння матеріалу всіма учасниками навчального процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Нестюк Л. Ю. Розробка комплексного веб-емулятора для виконання лабораторних робіт з фізики – Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)» URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/viewFile/25418/21150>
2. Report on higher education quality in Ukraine, its compliance with the tasks of sustainable innovative development of society in 2022 / ed. edited by A. Butenko, O. Yeremenko, N. Stukalo. Kyiv: National Agency for Higher Education Quality Assurance, 2023. – 59 p. URL: <https://en.naqa.gov.ua/wp-content/uploads/2024/03/REPORT-ON-HIGHER-EDUCATION-QUALITY-IN-UKRAINE-IN-2022.pdf>
3. UNESCO Analysis of war damage to the Ukrainian science sector and its consequences, 2024. – 32 p. URL: <https://ukrainet.eu/wp-content/uploads/2024/03/388803eng.pdf>
4. Що таке симулятор URL: <https://optimize-il.com/shho-take-simulyator/>
5. Simon Zacharias Lahme, Pascal Klein, Antti Lehtinen, Andreas Müller, Pekka Pirinen, Lucija Rončević and Ana Sušac Physics lab courses under digital transformation: A trinational survey among university lab instructors about the role of new digital technologies and learning objectives URL: <https://journals.aps.org/prper/abstract/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020159>
6. Терещенко М. Ф., Цапенко В. В., Чухраєв М. В. Дослідження електропровідності біологічних тканин URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/2ed4117a-fd3a-485e-8692-377619095620/content>
7. Повний опір (імпеданс) тканин організму http://www.zhu.edu.ua/mk_school/pluginfile.php/15547/mod_resource/content/1/

[Лекція.%20Повний%20опір%20%28імпеданс%29%20тканин%20організму..pdf](#)

8. Літнарівич Р.М. Біофізика. Медична фізика, теоретична і прикладна фізика. МЕНУ, Рівне, 2011, – 104 с.
9. Дяков В. А., Гудзь В. О., Желіба В. Т., Іваницький Б. Г., Ковальчук П. П., Назаренко Н. С., Хаїмзон І. І. Лабораторний практикум з медичної і біологічної фізики. – Вінниця: ВДМУ, 1999, С. 115–130
10. Olmo A., Yúfera Garcia A. Computer Simulation of Microelectrode based Bio-Impedance Measurements with COMSOL. 2010. 182 p.
11. Solovyov V. G., Lankin Y. M., Romanova I. Y. Skin-effect on soft biological tissue and features of tissue heating during automatic bipolar welding. *Avtomatičeskaâ svarka (Kiev)*. 2021. Vol. 2021. P. 27–32. URL: <https://doi.org/10.37434/as2021.07.05>
12. Дослідження функціонального стану рослин під час імпульсної світлової стимуляції / D. Chernetchenko та ін. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. 2014. Т. 22. С. 149. URL: <https://doi.org/10.15421/011420>.
13. pyEIT: A python based framework for Electrical Impedance Tomography / B. Liu et al. *SoftwareX*. 2018. Vol. 7. P. 304–308. URL: <https://doi.org/10.1016/j.softx.2018.09.005>.
14. GitHub - OpenEIT/OpenEIT: Python based dashboard for real-time Electrical Impedance Tomography including image reconstruction using Back Projection, Graz Consensus and Gauss Newton methods. GitHub. URL: <https://github.com/OpenEIT/OpenEIT>.
15. Open EIT: a common and open file format for electrical impedance tomography / P. Gaggero et al. 2012.
16. Slobodenyuk Y., Bialobrzewski O., Smirnova T. Імітаційна модель розрахунку миттєвих електричних та енергетичних параметрів режиму системи тягового електропостачання постійного струму. Праці Одеського політехнічного університету. 2017. № 1(51). С. 82–91. URL: <https://doi.org/10.15276/opu.1.51.2017.13>.

- 17.UML для бізнес-моделювання: для чого потрібні діаграми процесів URL: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/uml-diagrams.html>
- 18.Дубовой В. М. Моделювання процесів і систем керування : навчальний посібник / Дубовой В. М., Москвіна С.М., Никитенко О.Д. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 103 с.
- 19.Як будувати UML-діаграми. Розбираємо три найпопулярніші варіанти URL: <https://dou.ua/forums/topic/40575/>
- 20.Діаграма розгортання: Підручник з UML із прикладом URL: <https://www.guru99.com/uk/deployment-diagram-uml-example.html>
- 21.HTML – мова розмітки гіпертексту URL: <http://www.znannya.org/?view=html>
- 22.Каскадні таблиці стилів. Стильове оформлення сторінок URL: <https://sites.google.com/view/computer-science-teach/веб-технології/каскадні-таблиці-стилів-стильове-оформлення-сторінок>
- 23.JavaScript URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript>
- 24.Що таке файли cookie та навіщо вони потрібні URL: <https://hostiq.ua/wiki/ukr/cookies/>
- 25.Що таке Figma та навіщо вона потрібна? URL: <https://dan-it.com.ua/blog/chto-takoe-figma-i-zachem-ona-nuzhna>
- 26.Що таке Figma: можливості та принципи роботи URL: <https://brainlab.com.ua/blog/chto-takoe-figma-vozmozhnosti-i-principy-raboty>
- 27.Що таке Visual Studio Code URL: <https://top-keis.com.ua/shho-take-visual-studio-code/>
- 28.Get started with GitLab URL: <https://docs.gitlab.com/>
- 29.Vercel Documentation URL: <https://vercel.com/docs>

ДОДАТКИ

Додаток А (обов'язковий)

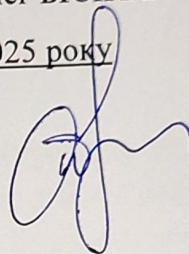
Технічне завдання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АІТ

д.т.н., проф. Олег БІСІКАЛО

«17» жовтня 2025 року



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

**«РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО СИМУЛЯТОРА ДЛЯ
ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ»**

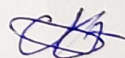
08-31.МКР.007.02.000 ТЗ

Керівник роботи:

к.т.н., доц. каф. АІТ

Ярослав КУЛИК

«16» жовтня 2025 р.

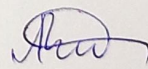


Виконавець:

ст. гр. ЗАКІТР-24м

Людмила НЕСТЮК

«16» жовтня 2025 р.



1. Назва та галузь застосування

Розробка навчального автоматизованого симулятора для вивчення електропровідності біологічних об'єктів.

Застосування в якості доповнення до онлайн-бібліотеки веб-симуляторів лабораторних робіт з фізики з метою підтримки дистанційного навчання у вищих навчальних закладах.

2. Підстава для розробки

Розробку системи здійснювати на підставі наказу по університету № 313 від 24 вересня 2025 року та завдання до магістерської кваліфікаційної роботи, складеного та затвердженого кафедрою «Автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій»

3. Мета та призначення розробки

Метою роботи є розробка методу та програмного забезпечення для виконання лабораторної роботи з фізики на тему «Дослідження електропровідності біологічних об'єктів», який забезпечить:

- Доступність в мережі Інтернет в будь-якому місці з будь-якого ПК;
- Забезпечення багатомовності інтерфейсу для комфортного навчання закордонних студентів;
- Комплексне поєднання усіх складових реальної лабораторної роботи у веб-симуляторі;
- Об'єктивність оцінювання студентів.

Призначення системи: модифікація методу виконання лабораторної роботи під час дистанційного навчання за допомогою організації комплексної веб-системи та моделювання процесу вимірювання електропровідності біологічних об'єктів.

4. Джерела розробки

1. Нестюк Л. Ю. Розробка комплексного веб-емулятора для виконання лабораторних робіт з фізики – Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)» URL:
<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/viewFile/25418/21150>

2. Report on higher education quality in Ukraine, its compliance with the tasks of sustainable innovative development of society in 2022 / ed. edited by A. Butenko, O. Yeremenko, N. Stukalo. Kyiv: National Agency for Higher Education Quality Assurance, 2023. – 59 p. URL: <https://en.naqa.gov.ua/wp-content/uploads/2024/03/REPORT-ON-HIGHER-EDUCATION-QUALITY-IN-UKRAINE-IN-2022.pdf>.
3. UNESCO Analysis of war damage to the Ukrainian science sector and its consequences, 2024. – 32 p. URL: <https://ukrainet.eu/wp-content/uploads/2024/03/388803eng.pdf>
4. Simon Zacharias Lahme, Pascal Klein, Antti Lehtinen, Andreas Müller, Pekka Pirinen, Lucija Rončević and Ana Sušac Physics lab courses under digital transformation: A trinational survey among university lab instructors about the role of new digital technologies and learning objectives URL: <https://journals.aps.org/prper/abstract/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020159>
5. Дяков В. А., Гудзь В. О., Желіба В. Т., Іваницький Б. Г., Ковальчук П. П., Назаренко Н. С., Хаїмзон І. І. Лабораторний практикум з медичної і біологічної фізики. – Вінниця: ВДМУ, 1999, С. 115–130

5. Показники призначення

5.1. Основні технічні характеристики системи

Функціональні можливості:

5.1.1 Модуль навчання теорії:

- Забезпечує виконавця лабораторної роботи теоретичними відомостями необхідними для її виконання;
- Надає необхідні розрахункові формули;
- Містить найближчі подальші дії користувача та коментарі;

5.1.2 Модуль тестування:

- Відображає послідовно контрольні питання і таймер відліку часу;
- Проводить тестування виконавця на предмет опрацювання теоретичних відомостей;
- «Запам'ятовує» результат тестування та записує його у відповідне поле файлу cookie;

5.1.3 Модуль візуалізації елементів меню:

- Містить інформацію про прилади, необхідні для виконання кожного завдання;

- Відображає набір елементів на початку виконання кожного завдання;
- Перевіряє правильність обраних приладів виконавцем лабораторної роботи для кожного завдання;

5.1.4 Модуль візуалізації першого завдання лабораторної роботи:

- Відображає інструкції, усі прилади, дроти й таблиці необхідні під час виконання першого завдання;

5.1.5 Модуль обробки подій першого завдання лабораторної роботи:

- Перевіряє дотримання алгоритму перебігу роботи, виконання інструкцій, перевірку з'єднань приладів та заповнення таблиці даними для першого завдання;

5.1.6 Модуль візуалізації другого завдання лабораторної роботи:

- Відображає інструкції, усі прилади, дроти й таблиці необхідні під час виконання другого завдання;

5.1.7 Модуль обробки подій другого завдання лабораторної роботи:

- Перевіряє дотримання алгоритму перебігу роботи, виконання інструкцій, перевірку з'єднань приладів та заповнення таблиць даними для другого завдання;

5.1.8 Модуль перевірки проведених виконавцем розрахунків:

- Самостійно проводить передбачені завданням розрахунки;
- Збирає інформацію про отримані студентом значення в ході проведення розрахунків вручну;
- Співставляє власні дані з отриманими та визначає оцінку за розрахунки;
- Розміщує дані про результати розрахунків в поле файлу cookie;

5.1.9 Модуль збереження проміжних даних та обчислення остаточної оцінки виконавця:

- Зчитує інформацію про результати виконавця на кожному етапі роботи з файлу cookie;
- Формує остаточної оцінку та висвітлює її на екрані;

5.1.10 Модуль перекладу:

- Реагує на запит виконавця на зміну мови інтерфейсу;
- Перекладає увесь розміщений на екрані текст на обрану мову;
- Замінює зображення у відповідності до обраної мови.

5.2. Мінімальні системні вимоги

5.2.1 Апаратне забезпечення:

- Процесор: тактова частота не менше 1.5 GHz;
- Оперативна пам'ять: 4 GB RAM;
- Місце на диску: 2 GB;

- Мережа: стабільне Інтернет-з'єднання (мінімум 1 Mbps).

5.2.2 Програмне забезпечення:

- Операційна система: Windows 10/11, Linux (Ubuntu 20.04+), macOS 10.15+;
- Node.js: версія 20-22.

5.3. Вхідні дані

- Методичні вказівки до виконання даної лабораторної роботи;
- Тестові запитання та відповіді;
- Фізичні показники, отримані під час проведення досліду з реальними приладами.

5.4 Результати роботи програми

5.4.1 Таблиці даних:

- По дві для кожного завдання з урахуванням показників для живого та неживого біологічного зразка;
- Містять дані близькі до отриманих в реальному досліді.

5.4.2 Оцінка за виконання лабораторної роботи:

Складається з:

- Оцінки за тестування;
- Оцінки за з'єднання;
- Оцінки за проведення розрахунки.

6. Стадії розробки:

1. Розділ 1 «Аналіз предметної області» має бути виконаний до 05.10.2025 р.
2. Розділ 2 «Проектування програмного забезпечення» має бути виконаний до 15.10.2025 р.
3. Розділ 3 «Розробка та розгортання навчального симулятора» має бути виконаний до 01.12.2025 р.

7. Порядок контролю та приймання

1. Рубіжний контроль провести до 14.11.2025.
2. Попередній захист магістерської кваліфікаційної роботи провести до 02.12.2025.
3. Захист магістерської кваліфікаційної роботи провести в період з 15.12.2025 р. до 19.12.2025 р.

Додаток Б (обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО СИМУЛЯТОРА ДЛЯ
ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

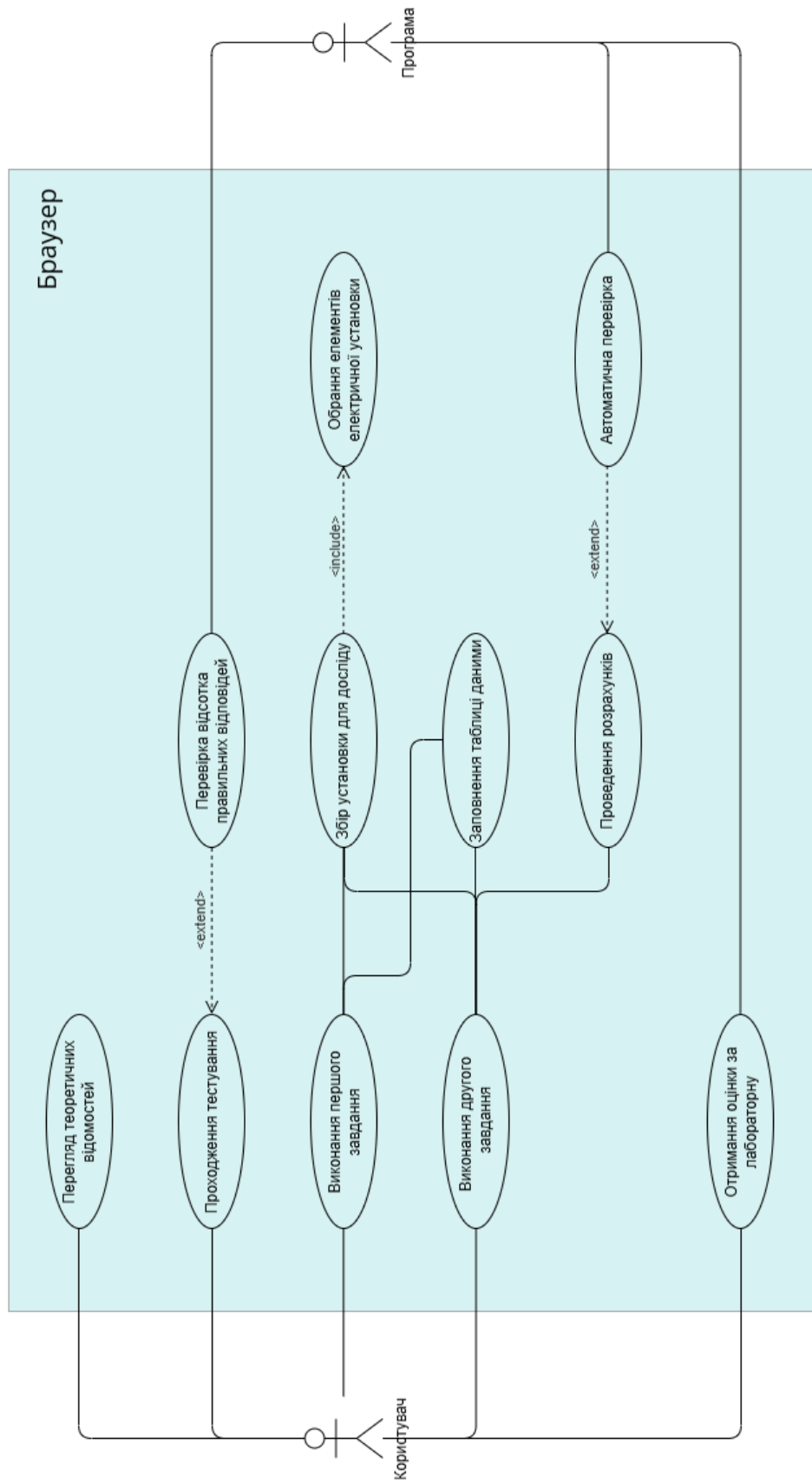


Рисунок Б.1 – UML-діаграма варіантів використання

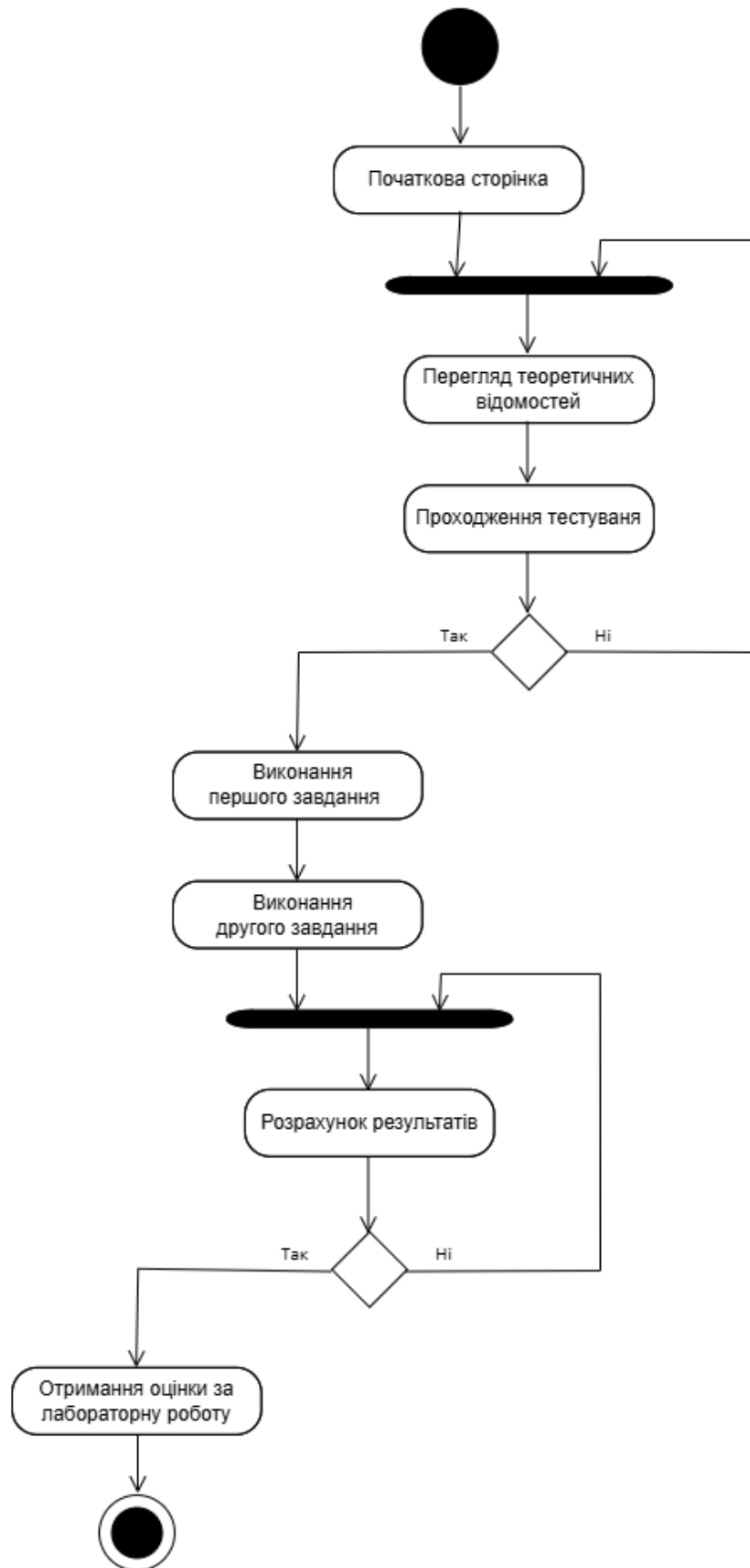


Рисунок Б.2 – UML-діаграма активності

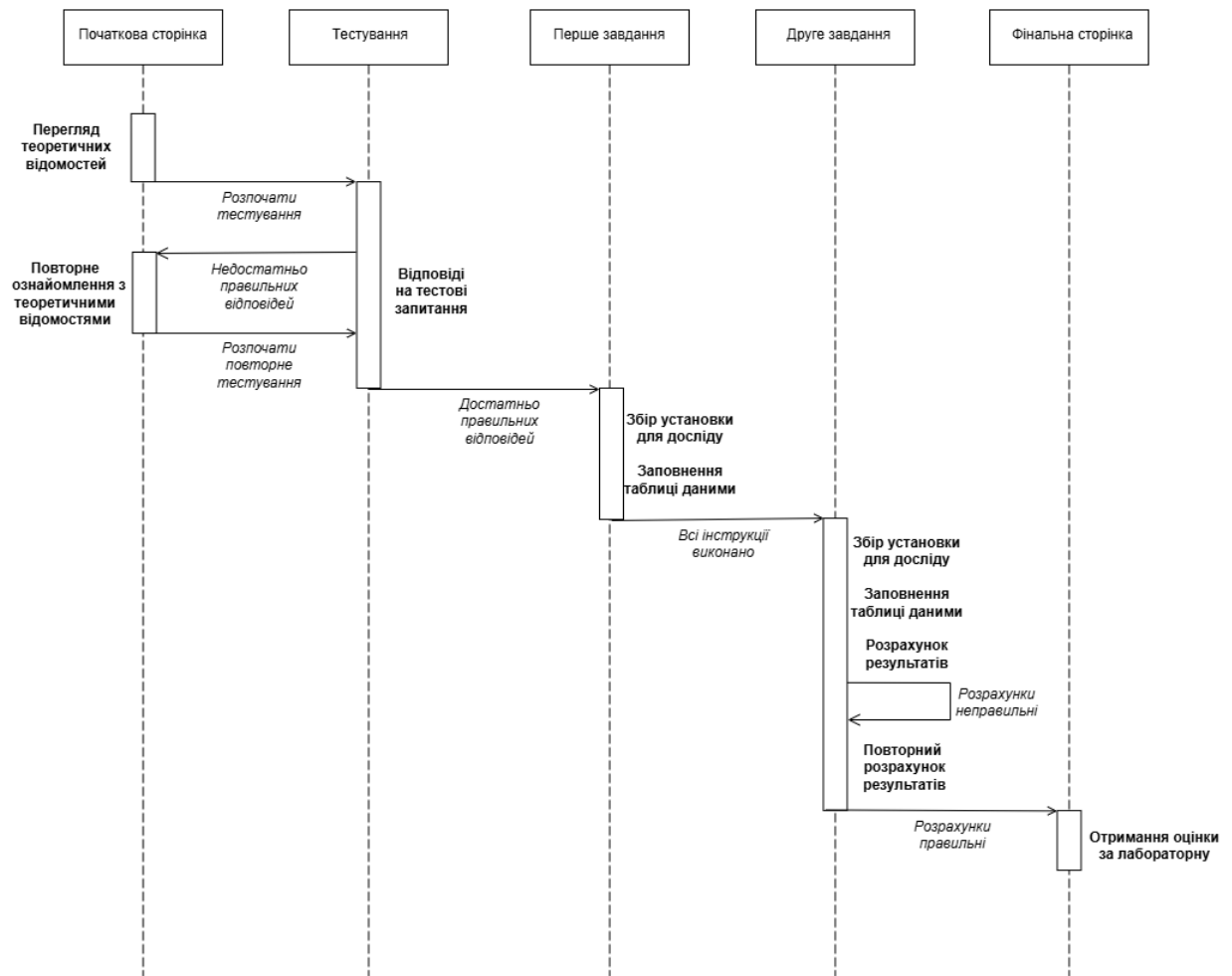


Рисунок Б.3 – UML-діаграма послідовності

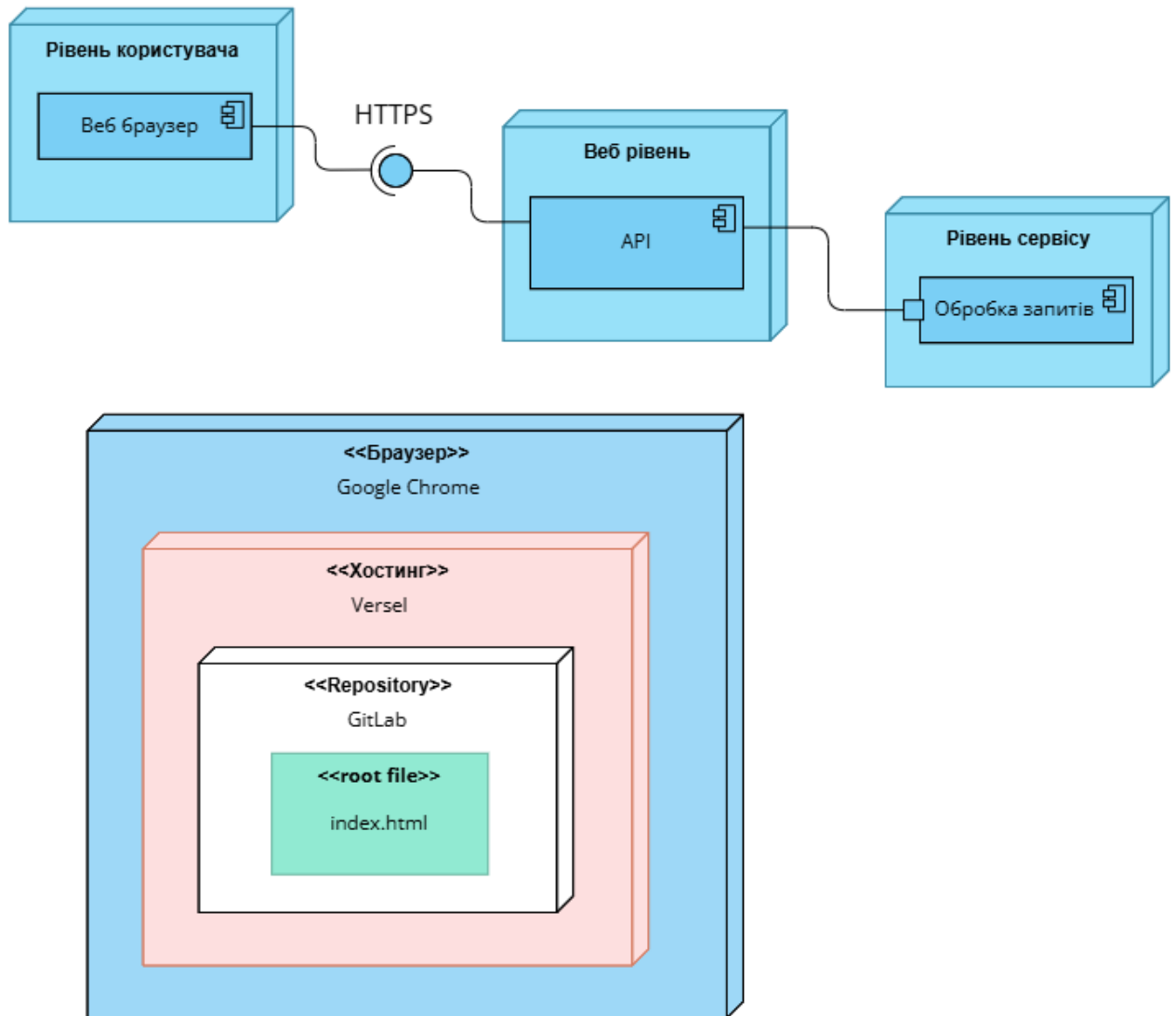


Рисунок Б.4 – UML-діаграма розгортання

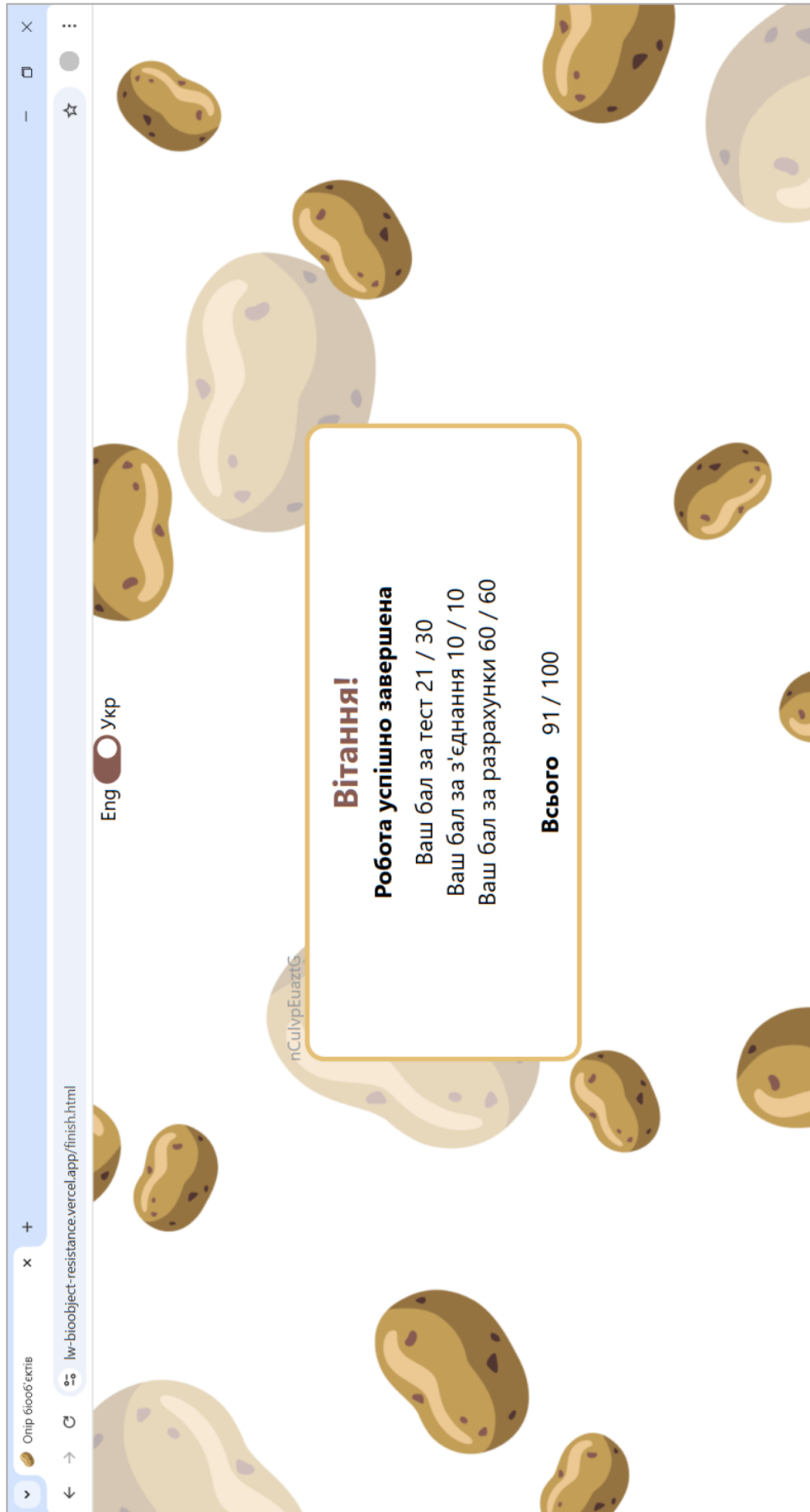


Рисунок Б.6 – Фінальна сторінка симулятора

Додаток В (обов'язковий)

Лістинг програми

Початкова сторінка симулятора

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en-US" dir="ltr">
  <head>
    <title text="title">Bioobject resistance</title>
    <meta charset="UTF-8">
    <link rel="icon" type="image/x-icon" href="images/potato_fresh.svg">
    <link rel="stylesheet" href="./style.css">
    <link rel="stylesheet" href="./onlytext_style.css">
  </head>
  <script>let tasknumber = 0</script>
  <script src="translate.js"></script>
  <script src="cookies.js"></script>
  <body>
    <!-- STUDENT ID SCRIPT -->
    <script>
      function generateRandomString() {
        let result = '';
        const characters =
'ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyz0123456789';
        const charactersLength = characters.length;
        let counter = 0;
        while (counter < 12) {
          result += characters.charAt(Math.floor(Math.random() * charactersLength));
          counter += 1;
        }
        console.log(result);
        return result;
      }
      hesh = generateRandomString();
      SetCookie('hesh', hesh);
    </script>

    <div id="modal" class="modalBackground">
      <div class="modalActive">
        <div id="innermodal" class="modalWindow"></div>
        <button id="changeButton" class="button" onclick="CloseModal()"
style="background-color: #875B52; color: #FFD9A0; width: 20%;">OK</button>
      </div>
    </div>
    <header>
      <nav class="header-inner">
        <span class="outer-switch">
          <p>Eng</p>
          <label class="switch">
            <input id="lengswitch" type="checkbox" onclick="ChangeLeng()">
            <span class="slider round"></span>
          </label>
          <p>Укр</p>
        </span>
      </nav>
      <h1 text="labtit">STUDY OF ELECTRICAL IMPEDANCE OF BIOLOGICAL TISSUES</h1>
      <a href="test.html">
        <button class="potato-button" text="test" style="margin-right: 35px; ">Start
testing</button>
      </a>
    </header>
    <main>
      <main-inner>
        <section class="purpose-apparatus">

```

```

<section class="purpose">
  <h3 text="purpose">The purpose of the work:</h3>
  <ol class="theory-list">
    <li text="findout">To find out the mechanisms of electrical
conductivity of bioobjects under the influence of constant and alternating electric fields.</li>
    <li text="master">To master the method of determining the active
resistance and to study the frequency dependence of the impedance of the bioobject.</li>
    <li text="calculate">To calculate the polarization coefficients for
samples of live and dead tissue of plant origin.</li>
    <li id="hideit" text="sound" style="visibility: hidden;">Sound
generator.</li>
  </ol>
</section>
<section class="apparatus">
  <h3 text="materials">Apparatus and materials:</h3>
  <ol class="theory-list">
    <li text="instruments">Electrical measuring instruments: ohmmeter,
voltmeter, milliammeter.</li>
    <li text="sound">Sound generator.</li>
    <li text="copper">Copper electrodes.</li>
    <li text="plant">Samples of live and dead tissue of plant origin
(potatoes).</li>
  </ol>
</section>
</section>
<section class="theoretical-statements">
  <h2 text="theorinfo">THEORETICAL INFORMATION</h2>
  <p text="properties">Biological tissues have the following properties:</p>
  <ol class="theory-list">
    <li>
      <b text="active">Active resistance.</b>
      <p text="direct">Flow of direct and alternating electric currents
through biological tissue is always accompanied by liberating of heat energy that proves
availability of active (ohmic) resistance R. The value of this resistance depends on dimensions
of the object and its electrical properties that may be determined by specific electric
conductivity. We may show that specific conductance of substance (y) is determined by charge
concentration (c), their size (ez) and mobility (b):</p>
      
      <p text="electric">Accordingly, the value of electric resistance or
conductivity of biological tis-sues of equal geometric size depends on these values.</p>
      <p text="specific">Specific resistance of different biological
tissues may differ a thousand times that is determined first of all by concentration of free
charges in flow media of bio-logical tissues.</p>
    </li>
    <li>
      <b text="capacitance">Capacitance properties of biological
tissues.</b>
      <p text="structure">As to their structure most of biological tissues
consist of sequential layers, which conduct current well or badly, i.e. their structures
correspond to the capacitor structure. The second component of capacity of biological tissues is
the capacity of cell membranes, which is known as rather high. The following facts testify to
capacitance properties of biological tissues:</p>
      <ol style="list-style: upper-roman; padding-inline-start: 40px;">
        <li text="impedance">impedance of biological tissue decreases as
electric current frequency increases;</li>
        <li text="amplitude">the amplitude value of current advances the
voltage amplitude value.</li>
      </ol>
      <p text="capresistance">The value of capacitance resistance is
determined by the formula:</p>
      
      <p text="frequency">where  $\omega$  - cyclic frequency of alternating
current.</p>
    </li>
    <li>
      <b text="inductive">Inductive properties of biological tissues.</b>

```

`<p text="expressed">Constructively these properties are expressed poorly. Inductive reactance takes place only at very high frequencies of alternating current (an area of SHF and EHF oscillations). The value of conductive resistance is determined by the formula:</p>`

``

`<p text="circuits">Electric circuits may include different elements (R, X_C and X_L) activated in the circuit arbitrary. Overall resistance of electric circuit having these elements to alternating current is called impedance Z. Resistance to biodegradation by alternating current is calculated by the formula:</p>`

``

`<p text="uefief"> $U$  and  $I$  are the current values of voltage and current in the electric circuit, respectively.</p>`

`<p text="proves">Experimental study of biological tissue proves that the simplest analogous electric circuits of biological tissues may be obtained owing to in series and parallel connection R and C (Fig. 1). This connection of elements in the circuit provides coincidence of frequency dependencies of biological tissue impedance and specified circuits.</p>`

``

`<p class="formula" text="fig1">Figure 1</p>`

`<p text="overall">Dependence of overall resistance (impedance) on alternating current frequency is called impedance dispersion. For biological tissues impedance dispersion has a complicated form. (Fig. 2).</p>`

``

`<p class="formula" text="fig2">Figure 2</p>`

`<p text="measurement">Measurement of electric conductivity of biological tissues makes it possible to study processes, which occur in live cells and tissues at the change of their physiological condition both at normal or pathologic action of factors, which damage tissue. In this case low voltage does not influence greatly physico-chemical processes taking place in biological objects.</p>`

`<p text="evaluate">To evaluate impedance dispersion of biological tissues we use impedance dispersion coefficient K that equals to the ratio of impedance of biological tissues at low  $Z(f_l)$  and high  $Z(f_h)$  frequencies:</p>`

``

`<p text="dispersion">In practice impedance dispersion of biological tissue is measured in the frequency range 1000 Hz (low frequency) - 10 MHz (high frequency). For these frequencies the value K for live tissue is equal to 10-15, and for damaged or dead tissue is equal to 1. By the value of this coefficient we may conclude of viability of biotissues or organs subject to transplantation.</p>`

`</li>`

`</ol>`

`</section>`

`<section class="method-description">`

`<h2 text="description">DESCRIPTION OF METHOD AND THE DEVICE</h2>`

`<p text="electret">This laboratory work will consist of two tasks.</p>`

`<p text="bioobjects">The first task is dedicated to measuring the resistance of a living and non-living biological object of plant origin at direct current. The electrical circuit of the installation will consist of an ohmmeter and samples of biological objects (living and non-living in turn). The resistance measurement will take place for each sample separately at the moment of connecting the circuit and after 3 minutes.</p>`

`<p text="effective">The second task involves the study of impedance dispersion of living and non-living samples of plant origin. The electrical installation consists of a sound generator, a voltmeter, a milliammeter and biological samples (Fig. 3). Data on the current and voltage in the circuit will be entered in the table at different frequency values for each sample separately.</p>`

``

`<p class="formula" text="fig3">Figure 3</p>`

`<p text="effective">After removing all the necessary data, it will be necessary to calculate the value of impedance Z separately for a living and a dead sample according to formula (1). The task is completed by determining the polarization coefficient K for both samples according to formula (2). Moreover, the values for high frequency are taken at $F = 1000$ Hz, and for low frequency at $F = 20000$ Hz.</p>`

`</section>`

`<section class="notes">`

`<p text="note"><b>Note</b>, write the main statements of this information to your report. Don't forget about formulas.</p>`

`<p text="ready">When you're ready to move on to the next part of the work, click Start testing button.</p>`

```

        <p text="luck">Good luck!</p>
      </section>
    </main-inner>
  </main>
</body>
</html>

```

Модуль збереження тимчасових даних в поля cookie

```

let anycookies = document.cookies;

function SetCookie(name, value, options = {}) {
  let updatedCookie = encodeURIComponent(name) + "=" + encodeURIComponent(value);

  for (let optionKey in options) {
    updatedCookie += "; " + optionKey;
    let optionValue = options[optionKey];
    if (optionValue !== true) {
      updatedCookie += "=" + optionValue;
    }
  }

  updatedCookie += "; path=/; domain=lw-bioobject-resistance.vercel.app; secure";
  document.cookie = updatedCookie;
  console.log(updatedCookie);
  console.log(document.cookies);
}

function GetCookie (name) {
  let matches = document.cookie.match(new RegExp(
    "(?:^|; )" + name.replace(/[.*\?|\{\}\(\)\[\]\\\\/\+\^]/g, '\\$1') + "=([^\;]*)"
  ));
  return matches ? matches[1] : undefined;
}

function DeleteCookie (name) {
  setCookie(name, '', {
    'max-age': -1
  })
}

```

Модуль перекладу

```

/*Vocabulary*/
let eng = {
  title: 'Bioobject resistance',
  //-----
  labtit: 'STUDY OF ELECTRICAL IMPEDANCE OF BIOLOGICAL TISSUES',
  testing: 'Take the test',
  test: 'Start testing',
  answer: 'Answer',
  testsuccess: 'Congrats! Testing is over',
  testfail: 'Your test grade is too low! Try again.',
  purpose: 'The purpose of the work:',
  findout: 'To find out the mechanisms of electrical conductivity of bioobjects under the
influence of constant and alternating electric fields.',
  master: 'To master the method of determining the active resistance and to study the frequency
dependence of the impedance of the bioobject.',
  calculate: 'To calculate the polarization coefficients for samples of live and dead tissue of
plant origin.',
  //-----
  materials: 'Apparatus and materials:',
  instruments: 'Electrical measuring instruments: ohmmeter, voltmeter, milliammeter.',
  sound: 'Sound generator.',
  copper: 'Copper electrodes.',
}

```

```

plant: 'Samples of live and dead tissue of plant origin (potatoes).',
//-----
theorinfo: 'THEORETICAL INFORMATION',
properties: 'Biological tissues have the following properties:',
active: 'Active resistance.',
direct: 'Flow of direct and alternating electric currents through biological tissue is always
accompanied by liberating of heat energy that proves availability of active (ohmic) resistance R.
The value of this resistance depends on dimensions of the object and its electrical properties
that may be determined by specific electric conductivity. We may show that specific conductance
of substance (y) is determined by charge concentration (c), their size (ez) and mobility (b):',
electric: 'Accordingly, the value of electric resistance or conductivity of biological
tissues of equal geometric size depends on these values.',
specific: 'Specific resistance of different biological tissues may differ a thousand times
that is determined first of all by concentration of free charges in flow media of biological
tissues.',
capacitance: 'Capacitance properties of biological tissues.',
structure: 'As to their structure most of biological tissues consist of sequential layers,
which conduct current well or badly, i.e. their structures correspond to the capacitor structure.
The second component of capacity of biological tissues is the capacity of cell membranes, which
is known as rather high. The following facts testify to capacitance properties of biological
tissues:',
impedance: 'impedance of biological tissue decreases as electric current frequency
increases;',
amplitude: 'the amplitude value of current advances the voltage amplitude value.',
capresistance: 'The value of capacitance resistance is determined by the formula:',
frequency: 'where  $\omega$  - cyclic frequency of alternating current.',
inductive: 'Inductive properties of biological tissues.',
expressed: 'Constructively these properties are expressed poorly. Inductive reactance takes
place only at very high frequencies of alternating current (an area of SHF and EHF oscillations).
The value of conductive resistance is determined by the formula:',
circuits: 'Electric circuits may include different elements ( $R$ ,  $X_{c\langle}$  and
 $X_{L\langle}$ ) activated in the circuit arbitrary. Overall resistance of electric circuit having
these elements to alternating current is called  $Z$ . Resistance to biodegradation
by alternating current is calculated by the formula:',
uefief: ' $U_{ef\langle}$  and  $I_{ef\langle}$  are the current values of voltage and current in
the electric circuit, respectively.',
proves: 'Experimental study of biological tissue proves that the simplest analogous electric
circuits of biological tissues may be obtained owing to in series and parallel connection  $R$  and  $C$ 
(Fig. 1). This connection of elements in the circuit provides coincidence of frequency
dependencies of biological tissue impedance and specified circuits.',
fig1: 'Figure 1',
fig2: 'Figure 2',
fig3: 'Figure 3',
overall: 'Dependence of overall resistance (impedance) on alternating current frequency is
called impedance dispersion. For biological tissues impedance dispersion has a complicated form.
(Fig. 2).',
measurement: 'Measurement of electric conductivity of biological tissues makes it possible to
study processes, which occur in live cells and tissues at the change of their physiological
condition both at normal or pathologic action of factors, which damage tissue. In this case low
voltage does not influence greatly physico-chemical processes taking place in biological
objects.',
evaluate: 'To evaluate impedance dispersion of biological tissues we use impedance dispersion
coefficient  $K$  that equals to the ratio of impedance of biological tissues at low  $Z(I_f)$  and high
 $Z(hf)$  frequencies:',
dispersion: 'In practice impedance dispersion of biological tissue is measured in the
frequency range 1000 Hz (low frequency) - 10 MHz (high frequency). For these frequencies the
value  $K$  for live tissue is equal to 10-15, and for damaged or dead tissue is equal to 1. By the
value of this coefficient we may conclude of viability of biotissues or organs subject to
transplantation.',
//-----
description: 'DESCRIPTION OF METHOD AND THE DEVICE',
electret: 'This laboratory work will consist of two tasks.',
bioobjects: 'The first task is dedicated to measuring the resistance of a living and non-
living biological object of plant origin at direct current. The electrical circuit of the
installation will consist of an ohmmeter and samples of biological objects (living and non-living
in turn). The resistance measurement will take place for each sample separately at the moment of
connecting the circuit and after 3 minutes.',
effective: 'The second task involves the study of impedance dispersion of living and non-
living samples of plant origin. The electrical installation consists of a sound generator, a

```

voltmeter, a milliammeter and biological samples (Fig. 3). Data on the current and voltage in the circuit will be entered in the table at different frequency values for each sample separately.',

effectiveness: 'After removing all the necessary data, it will be necessary to calculate the value of impedance Z separately for a living and a dead sample according to formula (1). The task is completed by determining the polarization coefficient K for both samples according to formula (2). Moreover, the values for high frequency are taken at $F = 1000$ Hz, and for low frequency at $F = 20000$ Hz.',

note: 'Note', write the main statements of this information to your report.',

ready: 'When you are ready to move on to the next part of the work, click Start testing button.',

luck: 'Good luck!',

backtt: 'Back to theory',

//-----

task: 'Task 1',

task2: 'Task 2',

step: 'Next step',

chanpotato: 'Change potato',

data: 'Output data',

check: 'Check',

end: 'Finish',

datar0: 'Take data R with $t = 0$ min',

datar1: 'Take data R with $t = 3$ min',

dataui: 'Take data U and I',

next: 'Next',

ohmmeter: 'Ohmmeter',

voltmeter: 'Voltmeter',

button: 'Button',

ammeter: 'Ammeter',

generator: 'Generator',

resistors: 'Resistors',

potato: 'Potato',

coil: 'Coil',

inst: 'Instruction',

chooel: 'Choose elements',

conn1: 'Connect "x10" with potato',

conn2: 'Connect "-" with potato',

conn3: 'Connect "GROUND" with voltmeter',

conn4: 'Connect voltmeter with ammeter',

conn5: 'Connect ammeter with potato',

conn6: 'Connect potato with voltmeter',

conn7: 'Connect voltmeter with "50 Ohm"',

boil: 'Take boiled potato',

genfor1: 'Set the factor "x1"',

genfor10: 'Set the factor "x10"',

genfor100: 'Set the factor "x100"',

freq50: 'Set frequency for 50 Hz',

freq100: 'Set frequency for 100 Hz',

freq150: 'Set frequency for 150 Hz',

freq200: 'Set frequency for 200 Hz',

freq500: 'Set frequency for 500 Hz',

freq1000: 'Set frequency for 1000 Hz',

freq2000: 'Set frequency for 2000 Hz',

freq5000: 'Set frequency for 5000 Hz',

freq10000: 'Set frequency for 10000 Hz',

freq15000: 'Set frequency for 15000 Hz',

freq20000: 'Set frequency for 20000 Hz',

refreq: 'Reset amplitude',

finish: 'Finish task',

calcz: 'Calculate the resistance Z and the polarization coefficient K ',

elres: 'Electrical resistance',

rohm0: 'R, Ohm ($t = 0$)',

rohm3: 'R, Ohm ($t = 3$ min)',

herz: 'F, Hz',

volt: 'U, V',

amper: 'I, mA',

resis: 'Z, kOhm',

biolive: 'For living bioobject',

biodead: 'For dead bioobject',

coefKlive: 'Coefficient K for living bioobject =',

```

coefKdead: 'Coefficient K for dead bioobject =',
mesweldone: 'Well done! Your grade is 100 of 100!',
fincong: 'Congratulations!',
finover: 'The work is successfully over',
fintest: 'Your test grade is ',
finconn: 'Your connecting grade is ',
finlab: 'Your lab grade is ',
fintot: 'Total ',
};

let ukr = {
  title: "Опір біооб'єктів",
  //-----
  labtit: "ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН",
  testing: "Пройдіть тест",
  test: "Розпочати тестування",
  answer: "Відповісти",
  testsuccess: "Вітаємо! Тестування завершено",
  testfail: "Замало правильних відповідей! Спробуйте ще раз",
  purpose: "Мета роботи:",
  findout: "З'ясувати механізми електропровідності біооб'єктів під дією постійного та змінного електричних полів.",
  master: "Оволодіти методикою визначення активного опору та дослідити частотну залежність імпедансу біооб'єкта.",
  calculate: "Розрахувати коефіцієнти поляризації для зразків живої та мертвої тканини рослинного походження.",
  //-----
  materials: "Обладнання та матеріали:",
  instruments: "Електровимірювальні прилади: омметр, вольтметр, міліамперметр.",
  sound: "Генератор звуку.",
  copper: "Мідні електроди.",
  plant: "Зразки живої та мертвої тканини рослинного походження (картопля).",
  //-----
  theorinfo: "ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ",
  properties: "Біологічні тканини мають такі властивості:",
  active: "Активний опір.",
  direct: "Протікання постійного та змінного електричного струму через біологічну тканину завжди супроводжується виділенням теплової енергії, що свідчить про наявність активного (омічного) опору R. Величина цього опору залежить від розмірів об'єкта та його електричних властивостей, які можуть визначатися специфікою електропровідності. Можна показати, що питома провідність речовини (y) визначається концентрацією зарядів (c), їх розміром (ez) і мобільність (b):",
  electric: "Відповідно, від цих величин залежить величина електричного опору або провідності біологічних тканин однакового геометричного розміру.",
  specific: "Питомий опір різних біологічних тканин може відрізнятися в тисячу разів, що визначається, насамперед, концентрацією вільних зарядів у середовищі течії біологічних тканин.",
  capacitance: "Ємнісні властивості біологічних тканин.",
  structure: "За своєю структурою більшість біологічних тканин складаються з послідовних шарів, які добре або погано проводять струм, тобто їх структура відповідає структурі конденсатора. Другою складовою ємності біологічних тканин є ємність клітинних мембран, яка, як відомо, є досить високою. Про ємнісні властивості біологічних тканин свідчать такі факти:",
  impedance: "із збільшенням частоти електричного струму імпеданс біологічної тканини зменшується;",
  amplitude: "амплітуда струму випереджає значення амплітуди напруги.",
  capresistance: "Величина опору ємності визначається за формулою:",
  frequency: "де  $\omega$  - циклічна частота змінного струму.",
  inductive: "Індуктивні властивості біологічних тканин.",
  expressed: "Конструктивно ці властивості виражені слабо. Індуктивний реактивний опір має місце лише на дуже високих частотах змінного струму (область НВЧ і КВЧ коливань). Величина опору електропровідності визначається за формулою:",
  circuits: "Електричні кола можуть включати різні елементи ( $R$ ,  $X_{C<sub>c</sub>}$  і  $X_{L<sub>L</sub>}$ ) активується в схемі довільно. Загальний опір електричного кола, що містить ці елементи, змінному струму називається  $Z_{<b>імпедансом</b>}$ . Опір біодеградації змінним струмом розраховується за формулою:",
  uefief: " $U_{ef<sub>ef</sub>}$  і  $I_{ef<sub>ef</sub>}$  - відповідно діючі значення напруги та сили струму в електричному колі",
  proves: "Експериментальне дослідження біологічної тканини доводить, що найпростіші аналогічні електричні схеми біологічних тканин можна отримати за рахунок послідовного і паралельного

```

з'єднання R і C (рис. 1). Таке з'єднання елементів у схемі забезпечує збіг частотних залежностей імпедансу біологічної тканини та заданих ланцюгів.",

fig1: "Рисунок 1",

fig2: "Рисунок 2",

fig3: "Рисунок 3",

overall: "Залежність загального опору (імпедансу) від частоти змінного струму - називається дисперсією імпедансу. Для біологічних тканин дисперсія імпедансу має складний вигляд. (рис. 2).",

measurement: "Вимірювання електропровідності біологічних тканин дає можливість вивчати процеси, що відбуваються в живих клітинах і тканинах при зміні їх фізіологічного стану як при нормальній, так і при патологічній дії факторів, що пошкоджують тканину. У цьому випадку низька напруга не робить істотного впливу на фізико-хімічні процеси, що відбуваються в біологічних об'єктах.",

evaluate: "Для оцінки дисперсії імпедансу біологічних тканин використовуємо коефіцієнт дисперсії імпедансу K, який дорівнює відношенню імпедансу біологічних тканин на низьких частотах $Z(f)$ і високих $Z(hf)$:",

dispersion: "На практиці дисперсія імпедансу біологічної тканини вимірюється в - діапазоні частот 1000 Гц (низька частота) - 10 МГц (висока частота). Для цих частот значення K для живої тканини дорівнює 10-15, а для пошкодженої або мертвої тканини дорівнює 1. За значенням цього коефіцієнта можна зробити висновок про життєздатність біотканин або органів, що підлягають трансплантації.",

//-----

description: "ОПИС МЕТОДУ ТА ПРИСТРОЮ",

electret: "Дана лабораторна робота складатиметься з двох завдань.",

bioobjects: "Перше завдання присвячене вимірюванню опору живого та неживого біологічного об'єкта рослинного походження при постійному струмі. Електрична схема установки складатиметься з омметра та зразків біологічних об'єктів (живого та неживого по черзі). Вимірювання опору буде проходити для кожного зразка окремо в момент підключення кола та через 3 хвилини.",

effective: "Друге завдання передбачає дослідження дисперсії імпедансу живого та неживого зразків рослинного походження. Електрична установка складається зі звукового генератора, вольтметра, міліамперметра та біологічних зразків (рис. 3). Дані про струм та напругу в колі заноситимуться в таблицю при різних значеннях частоти для кожного зразка окремо.",

effectivee: "Після зняття всіх необхідних даних необхідно буде розрахувати значення імпедансу Z окремо для живого та неживого зразка за формулою (1). Завдання завершується визначенням коефіцієнту поляризації K за обох зразків за формулою (2). При чому значення для високої частоти беруть при $F = 1000$ Гц, а для низької частоти при $F = 20000$ Гц.",

note: "Зверніть увагу, запишіть основну інформацію теоретичних відомостей до свого звіту.",

ready: "Коли будете готові перейти до наступної частини роботи натисніть кнопку Розпочати тестування.",

luck: "Успіхів!",

backtt: "Повернутись до теоретичних відомостей",

//-----

task: "Завдання 1",

task2: "Завдання 2",

step: "Наступний крок",

chanpotato: "Змінити картоплю",

data: "Вивести дані",

check: "Перевірити",

end: "Завершити",

datar0: "Зніміть дані R при $t = 0$ хв",

datar1: "Зніміть дані R при $t = 3$ хв",

dataui: "Зніміть дані U та I",

next: "Далі",

ohmmeter: "Омметр",

voltmeter: "Вольтметр",

button: "Кнопка",

ammeter: "Міліамперметр",

generator: "Генератор",

resistors: "Резистори",

potato: "Картопля",

coil: "Катушка",

inst: "Інструкція",

chooel: "Оберіть елементи",

conn1: "З'єднайте 'x10' і картоплю",

conn2: "З'єднайте '-' і картоплю",

conn3: "З'єднайте '50 Ом' і вольтметр",

conn4: "З'єднайте вольтметр і амперметр",

conn5: "З'єднайте амперметр і картоплю",

conn6: "З'єднайте картоплю і заземлення",

```

conn7: "Увімкніть генератор в мережу <p style='visibility: hidden;'>Take data</p>",
boil: "Візьміть варену картоплю",
genfor1: "Встановіть множник 'x1'",
genfor10: "Встановіть множник 'x10'",
genfor100: "Встановіть множник 'x100'",
freq50: "Встановіть частоту на 50 Гц",
freq100: "Встановіть частоту на 100 Гц",
freq150: "Встановіть частоту на 150 Гц",
freq200: "Встановіть частоту на 200 Гц",
freq500: "Встановіть частоту на 500 Гц",
freq1000: "Встановіть частоту на 1000 Гц",
freq2000: "Встановіть частоту на 2000 Гц",
freq5000: "Встановіть частоту на 5000 Гц",
freq10000: "Встановіть частоту на 10000 Гц",
freq15000: "Встановіть частоту на 15000 Гц",
freq20000: "Встановіть частоту на 20000 Гц",
refreq: "Обнулїть амплїтуду",
finish: "Завершіть завдання",
calcz: "Розрахуйте значення опору Z та коефіцієнту поляризації K",
elres: "Електричний опір",
rohm0: "R, Ом (t = 0)",
rohm3: "R, Ом (t = 3 хв)",
herz: "F, Гц",
volt: "U, В",
amper: "I, мА",
resis: "Z, кОм",
biolive: "Для живого біооб'єкта",
biodead: "Для неживого біооб'єкта",
coefKlive: "Коефіцієнт K для живого біооб'єкта =",
coefKdead: "Коефіцієнт K для неживого біооб'єкта =",
mesweldone: "Гарна робота! Ваш бал 100 із 100!",
fincong: "Вітання!",
finover: "Робота успішно завершена",
fintest: "Ваш бал за тест ",
finconn: "Ваш бал за з'єднання ",
finlab: "Ваш бал за розрахунки ",
fintot: "Всього ",
};

let language = eng;

/*Changing language*/
function ChangeLeng() {
    let switchcheckbox = document.getElementById('lengswitch');
    if (switchcheckbox.checked) {
        //console.log('Checkbox is checked');
        language = ukr;
        SetCookie('lang', 'ukr');
        document.querySelectorAll('[text]').forEach(el => {
            el.innerHTML = language[el.getAttribute('text')];
        })

        switch (tasknumber) {
            case 0:
                //console.log('case 0');
                document.getElementById('hideit').style = 'display: none;';
                break;
            case 'test':
                //console.log('Translate test');
                ChangeTestLeng('ukr');
                break;
            case 1:
                document.getElementById("ohm").src = "images/ohmmeter_ukr.svg";
                break;
            case 2:
                document.getElementById("gen").src = "images/generator_zoom_ukr.svg";
                document.getElementById("volt").src = "images/voltmeter_noarrow_ukr_1.svg";
                document.getElementById("amp").src = "images/ammeter_noarrow_ukr_1.svg";
                break;
        }
    }
}

```

```

        default:
            /*doing nothing*/
            break;
    }

    } else {
        //console.log('Checkbox is not checked');
        language = eng;
        SetCookie('lang', 'eng');
        document.querySelectorAll('[text]').forEach(el => {
            el.innerHTML = language[el.getAttribute('text')];
        })
        switch (tasknumber) {
            case 0:
                document.getElementById('hideit').style = 'display: list-item; visibility:
hidden;';
                break;
            case 'test':
                ChangeTestLeng('eng');
                break;
            case 1:
                document.getElementById("ohm").src = "images/ohmmeter_eng.svg";
                break;
            case 2:
                document.getElementById("gen").src = "images/generator_zoom_eng.svg";
                document.getElementById("volt").src = "images/voltmeter_noarrow_eng_1.svg";
                document.getElementById("amp").src = "images/ammeter_noarrow_eng_1.svg";
                break;
            default:
                /*doing nothing*/
                break;
        }
    }
}

```

Сторінка другого завдання

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en-US" dir="ltr">
    <head>
        <title text="title">Bioobject resistance</title>
        <meta charset="UTF-8">
        <link rel="icon" type="image/x-icon" href="images/potato_fresh.svg">
        <link rel="stylesheet" href="./kit-2.css">
        <link rel="stylesheet" href="./style.css">
    </head>
    <script>let tasknumber = 2</script>
    <script src="translate.js"></script>
    <script src="cookies.js"></script>
    <script src="script_part2.js"></script>
    <body>
        <div id="modal" class="modalBackground">
            <div class="modalActive">
                <div id="innermodal" class="modalWindow"></div>
                <button id="changeButton" class="button" onclick="CloseModal()"
style="background-color: #875B52; color: #FFD9A0; width: 20%;">OK</button>
            </div>
        </div>
        <header>
            <nav class="header-inner">
                <span class="outer-switch">
                    <p>Eng</p>
                    <label class="switch">
                        <input id="lengswitch" type="checkbox" onclick="ChangeLeng()">
                        <span class="slider round"></span>
                    </label>
                </span>
            </nav>
        </header>
    </body>
</html>

```

```

        <p>Ykp</p>
    </span>
    <button class="button" text="task2" style="background-color: #ffffff; padding:
4px 30px 4px 30px;">Task 2</button>
    <button id="stepButton" class="button" text="step" onclick="nextStep()"
disabled>Next step</button>
    <button id="changeButton" class="button" text="chanpotato"
onclick="changeImage()" style="background-color: #875B52; color: #FFD9A0;">Change potato</button>
    <button class="button" text="data" onclick="DateGen()">Output data</button>
    <button id="che" class="button" text="check" onclick="CheckingCalc()"
style="visibility:hidden">Check</button>
</nav>
    <a href="finish.html"> <!--onclick="OpenModal('a', 'a')"-->
    <button id="theend" class="button" text="end" style="margin-right: 50px;"
disabled>Finish</button>
</a>

</header>

<aside style="height: 200vh;">
    <h2 text="inst">Instruction</h2>
    <figure id="highlighter" class="highlight">
        <li style="visibility: hidden;">Connect "GROUND" with voltmeter<p id="hiddenLi"
style="visibility: hidden; display: none;">Take data</p></li>
    </figure>
    <figure style="overflow: hidden; position: fixed; z-index: 3;">
        <ol id="instructionList" class="instructions">
            <!--1--><li text="chooe1">Choose elements</li>
            <!--2--><li text="conn3">Connect "50 Ohm" with voltmeter</li>
            <!--3--><li text="conn4">Connect voltmeter with ammeter</li>
            <!--4--><li text="conn5">Connect ammeter with potato <p style="visibility:
hidden;">Take data</p></li>
            <!--5--><li text="conn6">Connect potato with "GROUND" <p style="visibility:
hidden;">Take data</p></li>
            <!--6--><li text="conn7">Switch on generator toggle</li>
            <!--finish connecting - step 1-6-->
            <!--7--><li text="genfor1">Set the factor "x1"</li>
            <!--8--><li text="freq50">Set frequency for 50 Hz</li>
            <!--9--><li text="dataui">Take data U and I</li>
            <!--10--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
            <!--11--><li text="freq100">Set frequency for 100 Hz</li>
            <!--12--><li text="dataui">Take data U and I</li>
            <!--13--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
            <!--14--><li text="freq150">Set frequency for 150 Hz</li>
            <!--15--><li text="dataui">Take data U and I</li>
            <!--16--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
            <!--17--><li text="freq200">Set frequency for 200 Hz</li>
            <!--18--><li text="dataui">Take data U and I</li>
            <!--19--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
            <!--generator was on x1 - step 7-19-->
            <!--20--><li text="genfor10">Set the factor "x10"</li>
            <!--21--><li text="freq50">Set frequency for 50 Hz</li>
            <!--22--><li text="dataui">Take data U and I</li>
            <!--23--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
            <!--24--><li text="freq100">Set frequency for 100 Hz</li>
            <!--25--><li text="dataui">Take data U and I</li>
            <!--26--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
            <!--27--><li text="freq200">Set frequency for 200 Hz</li>
            <!--28--><li text="dataui">Take data U and I</li>
            <!--29--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
            <!--generator was on x10 - step 20-29-->
            <!--30--><li text="genfor100">Set the factor "x100"</li>
            <!--31--><li text="freq50">Set frequency for 50 Hz</li>
            <!--32--><li text="dataui">Take data U and I</li>
            <!--33--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
            <!--34--><li text="freq100">Set frequency for 100 Hz</li>
            <!--35--><li text="dataui">Take data U and I</li>
            <!--36--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
            <!--37--><li text="freq150">Set frequency for 150 Hz</li>

```

```

<!--38--><li text="dataui">Take data U and I</li>
<!--39--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
<!--40--><li text="freq200">Set frequency for 200 Hz</li>
<!--41--><li text="dataui">Take data U and I</li>
<!--42--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
<!--generator was on x100 - step 30-42-->
<!--43--><li text="boil">Take boiled potato</li>
<!--taking boiled potato - step 43-->
<!--44--><li text="genfor1">Set the factor "x1"</li>
<!--45--><li text="freq50">Set frequency for 50 Hz</li>
<!--46--><li text="dataui">Take data U and I</li>
<!--47--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
<!--48--><li text="freq100">Set frequency for 100 Hz</li>
<!--49--><li text="dataui">Take data U and I</li>
<!--50--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
<!--51--><li text="freq150">Set frequency for 150 Hz</li>
<!--52--><li text="dataui">Take data U and I</li>
<!--53--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
<!--54--><li text="freq200">Set frequency for 200 Hz</li>
<!--55--><li text="dataui">Take data U and I</li>
<!--56--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
<!--generator was on x1 - step 44-56-->
<!--57--><li text="genfor10">Set the factor "x10"</li>
<!--58--><li text="freq50">Set frequency for 50 Hz</li>
<!--59--><li text="dataui">Take data U and I</li>
<!--60--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
<!--61--><li text="freq100">Set frequency for 100 Hz</li>
<!--62--><li text="dataui">Take data U and I</li>
<!--63--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
<!--64--><li text="freq200">Set frequency for 200 Hz</li>
<!--65--><li text="dataui">Take data U and I</li>
<!--66--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
<!--generator was on x10 - step 57-66-->
<!--67--><li text="genfor100">Set the factor "x100"</li>
<!--68--><li text="freq50">Set frequency for 50 Hz</li>
<!--69--><li text="dataui">Take data U and I</li>
<!--70--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
<!--71--><li text="freq100">Set frequency for 100 Hz</li>
<!--72--><li text="dataui">Take data U and I</li>
<!--73--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
<!--74--><li text="freq150">Set frequency for 150 Hz</li>
<!--75--><li text="dataui">Take data U and I</li>
<!--76--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
<!--77--><li text="freq200">Set frequency for 200 Hz</li>
<!--78--><li text="dataui">Take data U and I</li>
<!--79--><li text="refreq">Reset amplitude</li>
<!--generator was on x100 - step 67-79-->
<!--80--><li text="calcz">Calculate the resistance Z and the polarization
coefficient K</li>
<!--81<li text="calcz">Calculate the polarization coefficient K</li>-->
</ol>
</figure>
</aside>

<main>
  <h1 id="hiddenh1">This is our emulator menu</h1>
  <p id="hiddenp">This is a paragraph.</p>
  <section id="hide-menu" class="menu">
    <section class="menu-inner">
      <script>
        let MenuItems = [
          { value: 'ohmmeter', path: 'ohmmeter_eng.svg', title: 'Ohmmeter' },
          { value: 'voltmeter', path: 'voltmeter_noarrow_eng_1.svg', title:
'Voltmeter' },
          { value: 'ammeter', path: 'ammeter_noarrow_eng_1.svg', title:
'Ammeter' },
          { value: 'generator', path: 'menu-generator.svg', title: 'Generator'
},

```

```

        { value: 'resistors', path: 'menu-resistors.svg', title: 'Resistors'
    },
        { value: 'potato', path: 'potato_fresh.svg', title: 'Potato' },
        { value: 'coil', path: 'menu-coil.svg', title: 'Coil' }
    ];
    MenuItems.forEach(element => {
        document.write(`
            <figure class="menu-miniatures"
onclick=CheckMenu('${element.value}',2)>
            
            <p class="menu-title"
text="${element.value}">${element.title}</p>
            </figure>
        `);
    });
</script>
</section>
</section>

<section id="hidden-main" class="main-inner">
    <section class="kit-2">
        <section class="layer-object">
            
            
            
            
            
            <section class="layer-object-inner">
                
                
                
                
            </section>
            
        </section>
        <section class="layer-wire">
            
            
            
            
            
        </section>
        <section class="layer-button">
            <figure class="generator-button">
                
                
            </figure>
            <figure class="voltmeter-ammeter-button">
                <figure class="voltmeter-button">
                    
                    

```

```

        </figure>
        <figure class="ammeter-button">
            
            
        </figure>
    </figure>
    
    
</section>
</section>

<section class="table">
    <table id="dataTable1" class="table1">
        <thead>
            <tr id="tableHeader1">
                <th colspan="12" text="biolive">For a living bioobject</th>
            </tr>
        </thead>
        <tbody>
            <tr>
                <th text="herz">F, Hz</th>
                <td>50</td>
                <td>100</td>
                <td>150</td>
                <td>200</td>
                <td>500</td>
                <td>1000</td>
                <td>2000</td>
                <td>5000</td>
                <td>10000</td>
                <td>15000</td>
                <td>20000</td>
            </tr>
            <tr>
                <th>LgF</th>
                <td>1.70</td>
                <td>2.00</td>
                <td>2.18</td>
                <td>2.30</td>
                <td>2.70</td>
                <td>3.00</td>
                <td>3.30</td>
                <td>3.70</td>
                <td>4.00</td>
                <td>4.18</td>
                <td>4.30</td>
            </tr>
            <tr>
                <th text="volt">U, V</th>
                <td id="cell_1"></td>
                <td id="cell_3"></td>
                <td id="cell_5"></td>
                <td id="cell_7"></td>
                <td id="cell_9"></td>
                <td id="cell_11"></td>
                <td id="cell_13"></td>
                <td id="cell_15"></td>
                <td id="cell_17"></td>
                <td id="cell_19"></td>
                <td id="cell_21"></td>
            </tr>
            <tr>
                <th text="amper">I, mA</th>
                <td id="cell_2"></td>
                <td id="cell_4"></td>

```

```

<td id="cell_6"></td>
<td id="cell_8"></td>
<td id="cell_10"></td>
<td id="cell_12"></td>
<td id="cell_14"></td>
<td id="cell_16"></td>
<td id="cell_18"></td>
<td id="cell_20"></td>
<td id="cell_22"></td>
</tr>
<tr>
<th text="resis">Z, kOhm</th>
<td class="typein"><input id="z10" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
<td class="typein"><input id="z11" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
<td class="typein"><input id="z12" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
<td class="typein"><input id="z13" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
<td class="typein"><input id="z14" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
<td class="typein"><input id="z15" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
<td class="typein"><input id="z16" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
<td class="typein"><input id="z17" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
<td class="typein"><input id="z18" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
<td class="typein"><input id="z19" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
<td class="typein"><input id="z110" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
</tr>
</tbody>
</table>
<table id="dataTable2" class="table1">
<thead>
<tr id="tableHeader2">
<th colspan="12" text="biodead">For a dead bioobject</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<th text="herz">F, Hz</th>
<td>50</td>
<td>100</td>
<td>150</td>
<td>200</td>
<td>500</td>
<td>1000</td>
<td>2000</td>
<td>5000</td>
<td>10000</td>
<td>15000</td>
<td>20000</td>
</tr>
<tr>
<th>LgF</th>
<td>1.70</td>
<td>2.00</td>
<td>2.18</td>
<td>2.30</td>
<td>2.70</td>
<td>3.00</td>
<td>3.30</td>
<td>3.70</td>
<td>4.00</td>

```

```

        <td>4.18</td>
        <td>4.30</td>
    </tr>
    <tr>
        <th text="volt">U, V</th>
        <td id="cell_23"></td>
        <td id="cell_25"></td>
        <td id="cell_27"></td>
        <td id="cell_29"></td>
        <td id="cell_31"></td>
        <td id="cell_33"></td>
        <td id="cell_35"></td>
        <td id="cell_37"></td>
        <td id="cell_39"></td>
        <td id="cell_41"></td>
        <td id="cell_43"></td>
    </tr>
    <tr>
        <th text="amper">I, mA</th>
        <td id="cell_24"></td>
        <td id="cell_26"></td>
        <td id="cell_28"></td>
        <td id="cell_30"></td>
        <td id="cell_32"></td>
        <td id="cell_34"></td>
        <td id="cell_36"></td>
        <td id="cell_38"></td>
        <td id="cell_40"></td>
        <td id="cell_42"></td>
        <td id="cell_44"></td>
    </tr>
    <tr>
        <th text="resis">Z, kOhm</th>
        <td class="typein"><input id="zl11" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
        <td class="typein"><input id="zl12" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
        <td class="typein"><input id="zl13" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
        <td class="typein"><input id="zl14" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
        <td class="typein"><input id="zl15" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
        <td class="typein"><input id="zl16" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
        <td class="typein"><input id="zl17" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
        <td class="typein"><input id="zl18" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
        <td class="typein"><input id="zl19" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
        <td class="typein"><input id="zl20" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
        <td class="typein"><input id="zl21" type="text" maxlength="4"
autosave/></td>
    </tr>
</tbody>
</table>
</section>

<section class="form">
    <p class="form-label" text="coefKlive">Coefficient K for living bioobject
=</p>
    <input id="kl" type="text" maxlength="4" autosave>
    <p class="form-label" style="visibility: hidden;">Coefficient</p>
    <p class="form-label" text="coefKdead">Coefficient K for dead bioobject =</p>
    <input id="kd" type="text" maxlength="4" autosave>
</section>
</section>

```

```

        <br>
    </main>

    <!-- MENU script -->
    <script>
        document.getElementById("hidden-main").style = `display: none`;
        //document.getElementById("app").style = `display: none`;
        console.log(`this cookies are ${document.cookie} tasty`);
    </script>
    <script src="menu.js"></script>

    <!-- LANGUAGE SWITCH CHECKBOX SCRIPT -->
    <script>
        language = GetCookie('lang');
        if (language == 'ukr') {
            document.getElementById('lengswitch').checked = true;
        } else if (language == 'eng') {
            document.getElementById('lengswitch').checked = false;
        }
        ChangeLeng();
    </script>

</body>
</html>

```

Модуль взаємодії зі сторінкою другого завдання

```

/*-----Next step button + switch on generator + set frequency-----*/
let counter = 1;
let list_num = 0;
let position = 0;
let switchcheckbox = document.getElementById('lengswitch');
function nextStep() {
    counter++;
    position += 41;
    document.getElementById("stepButton").setAttribute('disabled', 'disabled');
    document.querySelectorAll('.instructions li')[list_num].remove();
    document.getElementById("instructionList").setAttribute("start", counter);
    if (counter == 80){
        document.getElementById("che").style.visibility = "visible";
    }
    /*-----highlighter size -----*/
    switch (counter) {
        case 2:
        case 3:
        case 4:
        case 5:
        case 6:
        case 80:
            document.getElementById("highlighter").innerHTML = `<li style="visibility:
hidden;">Connect "05Ш" with voltmeterrrrrrr<p id="hiddenLi" style="visibility: hidden; display:
none;">Take data</p></li>`;
            break;
        default:
            document.getElementById("highlighter").innerHTML = `<li style="visibility:
hidden;">Connect "05Ш" with voltmeter<p id="hiddenLi" style="visibility: hidden; display:
none;">Take data</p></li>`;
            break;
    }
}
function switchOnGen() {
    switch (counter) {
        case 6:
            document.getElementById("toogle-off").style = `visibility:hidden;`;
            document.getElementById("toogle-on").style = `visibility:visible;`;
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
            break;
    }
}

```

```

        case 7:
        case 44:
            document.getElementById("switchon").style = `transform: rotate(45deg); transition:
0.75s;`;
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
            break;
        case 20:
        case 57:
            document.getElementById("switchon").style = `transform: rotate(90deg); transition:
0.75s;`;
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
            break;
        case 30:
        case 67:
            document.getElementById("switchon").style = `transform: rotate(135deg); transition:
0.75s;`;
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
            break;
    }
}
function setFrequency() {
    switch (counter) {
        case 8:
        case 21:
        case 31:
        case 45:
        case 58:
        case 68:
            document.getElementById("scale").style = `transform: rotate(-65deg) scale(1.2);
transition: 0.75s;`;
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
            break;
        case 11:
        case 24:
        case 34:
        case 48:
        case 61:
        case 71:
            document.getElementById("scale").style = `transform: rotate(-102deg) scale(1.2);
transition: 0.75s;`;
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
            break;
        case 14:
        case 37:
        case 51:
        case 74:
            document.getElementById("scale").style = `transform: rotate(-112deg) scale(1.2);
transition: 0.75s;`;
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
            break;
        case 17:
        case 27:
        case 40:
        case 54:
        case 64:
        case 77:
            document.getElementById("scale").style = `transform: rotate(-125deg) scale(1.2);
transition: 0.75s;`;
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
            break;
    }
}
function resetFrequency() {
    switch (counter) {
        case 10:
        case 13:
        case 16:
        case 19:
        case 23:

```

```

        case 26:
        case 29:
        case 33:
        case 36:
        case 39:
        case 42:
        case 47:
        case 50:
        case 53:
        case 56:
        case 60:
        case 63:
        case 66:
        case 70:
        case 73:
        case 76:
        case 79:
            /*document.getElementById("scale").style = `transform: rotate(0deg) scale(1.2);
transition: 0.75s;`;*/
            document.getElementById("voltmeterArrow").style = `transform: rotate(-60deg)
scale(0.6); transition: 0.75s;`;
            document.getElementById("ammeterArrow").style = `transform: rotate(238deg)
scale(0.6); transition: 0.75s;`;
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
            break;
        }
    }

/*-----Change image-----*/
let currentImage = 1;
let i = 0;
function changeImage() {
    if (counter == 43) {
        i = 0;
        let image = document.getElementById("imageToChange");
        currentImage += 1;
        if (currentImage === 1) {
            image.src = "images/potato_fresh.svg";
            currentImage = 2;
            document.getElementById("stepButton").setAttribute('disabled', 'disabled');
        } else {
            image.src = "images/potato_boiled.svg";
            currentImage = 1;
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
            document.getElementById("voltmeterArrow").style = `transform: rotate(-60deg)
scale(0.6); transition: 0.75s;`;
            document.getElementById("ammeterArrow").style = `transform: rotate(238deg)
scale(0.6); transition: 0.75s;`;
        }
    } else if (counter < 43){
        OpenModal('It's too early to change potato','Ще зарано змінювати картоплю');
    } else {
        OpenModal('You have already changed potato','Ви вже замінили картоплю');
    }
}

/*-----Wires connecting-----*/
let pass='';
let ind = 0;
let conct_grade = 10;
function getButVal(button_value) {
    let conn = 'Wrong connection. Try again.';
    let connukr = "Неправильне з'єднання. Спробуйте ще раз.";
    pass += button_value;
    ind++;
    //console.log(pass, ind, conct_grade);
    switch (counter) {
        case 2:
            if (ind % 2 === 0){

```

```

        if (pass == "red-genred-volt" || pass == "red-voltred-gen"){
            document.getElementById("red").style.visibility = "visible";
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
        } else {OpenModal(conn, connukr); conct_grade--;}
        pass = '';
    }
    break;
case 3:
    if (ind % 2 === 0){
        if (pass == "metal-voltmetal-alt" || pass == "metal-altmetal-volt"){
            document.getElementById("metal").style.visibility = "visible";
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
        } else {OpenModal(conn, connukr); conct_grade--;}
        pass = '';
    }
    break;
case 4:
    if (ind % 2 === 0){
        if (pass == "green-altimageToChange" || pass == "imageToChangegreen-alt"){
            document.getElementById("green-alt").style.visibility = "visible";
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
        } else {OpenModal(conn, connukr); conct_grade--;}
        pass = '';
    }
    break;
case 5:
    if (ind % 2 === 0){
        if (pass == "imageToChangegreen-gen" || pass == "green-genimageToChange") {
            document.getElementById("green-volt").style.visibility = "visible";
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
        } else {OpenModal(conn, connukr); conct_grade--;}
        pass = '';
    }
    break;
/*case 6:
    if (ind % 2 === 0){
        if (pass == "metal-voltblue-gen" || pass == "blue-genmetal-volt"){
            document.getElementById("blue").style.visibility = "visible";
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
        } else {OpenModal(conn, connukr); conct_grade--;}
        pass = '';
    }
    break;*/
default:
    pass = '';
    ind = 0;
    break;
}
if (conct_grade < 0) {conct_grade = 0};
SetCookie('conct', conct_grade);
}

/*-----Generate table data-----*/

function roundLocal(num) {
    let step1 = Math.round(num / 0.2) * 0.2;
    let step2 = Math.round(step1 * 10) / 10;
    return step2
}

let c1 = 1;
let c2 = 2;
let min_V = 0.8;
let max_V = 1.4;
let min_A = roundLocal(min_V * 3);
let max_A = roundLocal(max_V * 3);
let dataILive = [];
let dataULive = [];

```

```

let dataZLive = [];
let dataIDead = [];
let dataUDead = [];
let dataZDead = [];
let dataKLive = 0;
let dataKDead = 0;

let vArrRotmax = 38;
let vArrRotmin = 50;
let aArrRotmax = 145;
let aArrRotmin = 195;
let aArrRot;

function DataGenNew() {
  let v, a;
  let writingTable = document.getElementById("dataTable1");
  function getRandomArbitrary(min, max) { // ganarate random number from boundary
    locali = Math.floor(Math.random() * 3);
    //return Math.round((Math.random() * (max - min) + min) * 100) / 100;
    return min + locali * 0.2
  }
  function setDatatoTableNew(){
    if(counter > 43){ // take boiling potato
      min_V = 0.38;
      max_V = 0.42;
      min_A = min_V * 10;
      max_A = max_V * 10;
      writingTable = document.getElementById("dataTable2");
    }
    if (counter == 78) {
      v = dataUDead[0];
      writingTable.querySelector(`#cell_${c1}`).innerHTML = v;
      a = dataIDead[0];
      writingTable.querySelector(`#cell_${c2}`).innerHTML = a;
    } else {
      // writing generating u/a to table
      if (counter == 9 || counter == 46) {
        vChange = roundLocal(getRandomArbitrary(min_V,max_V));
      }

      v = vChange;
      writingTable.querySelector(`#cell_${c1}`).innerHTML = v;
      a = roundLocal(getRandomArbitrary(min_A,max_A));
      writingTable.querySelector(`#cell_${c2}`).innerHTML = a;
    }
  }

  switch (v) {
    case 0.4:
      vArrRotmax = 58;
      break;
    case 0.6:
      vArrRotmax = 54;
      break;
    case 0.8:
      vArrRotmax = 50;
      break;
    case 1:
      vArrRotmax = 46;
      break;
    case 1.2:
      vArrRotmax = 42;
      break;
    case 1.4:
      vArrRotmax = 38;
      break;
  }
  aArrRot = aArrRotmin - Math.floor((a - 2.4)/0.2) * 5

  // calculating Z and K step by step

```

```

    if (counter < 43){
        dataULive[i] = v;
        dataILive[i] = a;
        dataZLive[i] = Math.round((dataULive[i]/(dataILive[i]*0.001)) * 1) / 1;
        if (i == 10) {
            dataKLive = Math.round((dataZLive[i-10]/dataZLive[i]) * 1) / 1;
        }
    } else if (counter > 43){
        dataUDead[i] = v;
        dataIDead[i] = a;
        dataZDead[i] = Math.round((dataUDead[i]/(dataIDead[i]*0.001)) * 1) / 1;
        if (i == 10) {
            dataKDead = Math.round((dataZDead[i-10]/dataZDead[i]) * 1) / 1;
        }
    }
    c1+=2;
    c2+=2;
    i++;
}
switch (counter) {
    // living bioobject case
    case 9:
    case 12:
    case 15:
    case 18:
        setDatatoTableNew();
        document.getElementById("voltmeterArrow").style = `transform: rotate(-
${vArrRotmax}deg) scale(0.5); transition: 0.75s;`;
        document.getElementById("ammeterArrow").style = `transform: rotate(${aArrRot}deg)
scale(0.45); transition: 0.75s;`;
        document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
        break;
    case 22:
    case 25://20
    case 28://22
        min_A = min_V * 3.4; //min_A = 2.58;
        max_A = max_V * 3.4; //max_A = 2.63;
        document.getElementById("voltmeterArrow").style = `transform: rotate(-
${vArrRotmax}deg) scale(0.5); transition: 0.75s;`;
        document.getElementById("ammeterArrow").style = `transform: rotate(${aArrRot}deg)
scale(0.45); transition: 0.75s;`;
        setDatatoTableNew();
        document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
        break;
    case 32://25
    case 35://27
        min_A = min_V * 4; //min_A = 2.98;
        max_A = max_V * 4; //max_A = 3.03;
        document.getElementById("voltmeterArrow").style = `transform: rotate(-
${vArrRotmax}deg) scale(0.5); transition: 0.75s;`;
        document.getElementById("ammeterArrow").style = `transform: rotate(${aArrRot}deg)
scale(0.45); transition: 0.75s;`;
        setDatatoTableNew();
        document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
        break;
    case 38://29
        min_A = min_V * 4.8; //min_A = 3.78;
        max_A = max_V * 4.8; //max_A = 3.83;
        document.getElementById("voltmeterArrow").style = `transform: rotate(-
${vArrRotmax}deg) scale(0.5); transition: 0.75s;`;
        document.getElementById("ammeterArrow").style = `transform: rotate(${aArrRot}deg)
scale(0.45); transition: 0.75s;`;
        setDatatoTableNew();
        document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
        break;
    case 41://31
        min_A += 0.2; //min_A = 4.38;
        max_A += 0.2; //max_A = 4.43;

```

```

        document.getElementById("voltmeterArrow").style = `transform: rotate(-
${vArrRotmax}deg) scale(0.5); transition: 0.75s;`;
        document.getElementById("ammeterArrow").style = `transform: rotate(${aArrRot}deg)
scale(0.45); transition: 0.75s;`;
        setDatatoTableNew();
        document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
        break;

        // dead bioobject case
        case 46://35
        case 62://46
        case 75://55
        case 49://37
        case 52://39
        case 55:
        case 59:
        case 62:
        case 65:
        case 69:
        case 72://53
        case 78://57
            //min_A = 3.58;
            //max_A = 3.63;
            document.getElementById("voltmeterArrow").style = `transform: rotate(-
${vArrRotmax}deg) scale(0.5); transition: 0.75s;`;
            document.getElementById("ammeterArrow").style = `transform: rotate(${aArrRot}deg)
scale(0.45); transition: 0.75s;`;
            setDatatoTableNew();
            document.getElementById("stepButton").removeAttribute("disabled");
            break;
    }
}

let dataZLiveStud = [];
let dataZDeadStud = [];
let dataKLiveStud = 0;
let dataKDeadStud = 0;
let erind = false;
let gradecount = 24;
function CheckingCalc() {
    /*dataZLive = [0.12, 1.23, 2.34, 3.45, 4.56, 5.67, 6.78, 7.89, 8.9, 9.12, 1.09];
    dataZDead = [0.12, 1.09, 2.1, 3.21, 4.32, 5.43, 6.54, 7.65, 8.76, 9.87, 1.09];
    for (let i = 0; i < 11; i++){
        dataZLive[i] = Math.round((dataULive[i]/dataILive[i]) * 100) / 100;
        dataZDead[i] = Math.round((dataUDead[i],dataIDead[i]) * 100) / 100;
    }
    console.log('dataZLive:');
    console.log(dataZLive);
    console.log('dataZDead:');
    console.log(dataZDead);
    console.log('dataKLive:');
    console.log(dataKLive);
    console.log('dataKDead:');
    console.log(dataKDead);*/
    erind = false;

    dataKLiveStud = document.getElementById('kl').value;
    dataKDeadStud = document.getElementById('kd').value;
    for (let i = 0; i < 11; i++){
        dataZLiveStud[i] = document.getElementById(`zl${i}`).value;
        dataZDeadStud[i] = document.getElementById(`zl${i+11}`).value;
        if (!dataZLiveStud[i] || !dataZDeadStud[i]){
            erind = true;
            OpenModal('Enter all Z data','Введіть усі дані опору Z');
            break;
        }
    }
    if (!Number(dataZLiveStud[i]) || !Number(dataZDeadStud[i])){
        erind = true;
        OpenModal('Invalid values','Введено некоректні дані');
    }
}

```

```

        break;
    }
}
if (!dataKLiveStud || !dataKDeadStud){
    erind = true;
    OpenModal('Enter all K data','Введіть усі дані коефіцієнта поляризації K');
}
if (!Number(dataKLiveStud) || !Number(dataKDeadStud)){
    erind = true;
    OpenModal('Invalid values','Введено некоректні дані');
}

if (!erind) {
    for (let i = 0; i < 11; i++){
        if (dataZLiveStud[i] != Number(dataZLive[i])) {
            gradecount--;
        }
        if (dataZDeadStud[i] != Number(dataZDead[i])) {
            gradecount--;
        }
    }
    if (dataKLiveStud != Number(dataKLive)) {
        gradecount--;
    }
    if (dataKDeadStud != Number(dataKDead)) {
        gradecount--;
    }
    if (gradecount == 24){
        OpenModal('Excellent!','Відмінно!');
        document.getElementById("theend").removeAttribute("disabled");
    } else if (15 < gradecount && gradecount <= 21){
        OpenModal('Well done! You can finish work.','Гарна робота! Можна завершити роботу.');
```

достатній щоб завершити роботу.');

```

        document.getElementById("theend").removeAttribute("disabled");
    } else if (3 < gradecount && gradecount < 9){
        OpenModal('Something went wrong... There are not enough correct answers to finish
work.','Щось пішло не так... Недостатньо правильних відповідей для завершення роботи.');
```

work.`,`Щось пішло не так... Недостатньо правильних відповідей для завершення роботи.');

```

    } else if (0 <= gradecount && gradecount <= 3){
        OpenModal('Fail. There are not enough correct answers to finish work.','Невірно.
Недостатньо правильних відповідей для завершення роботи.');
```

Недостатньо правильних відповідей для завершення роботи.');

```

    } /*Your grade is ${gradecount} of 22. Ваш бал ${gradecount} із 22.*/
    SetCookie('calc', gradecount);
}
}

function OpenModal(message, messageukr) {
    if (message == 'a' && messageukr == 'a'){
        message = `The work is successfully over. Your test grade is ${stud_grade}. Your work
grade is ${gradecount}. Summary is is ${stud_grade+gradecount}`
        messageukr = `Робота успішно виконана.`
    }
    let switchcheckbox = document.getElementById('lengswitch');
    if (switchcheckbox.checked) {
        document.getElementById('innermodal').textContent = messageukr;
    } else {
        document.getElementById('innermodal').textContent = message;
    }
    document.getElementById("modal").style.display = "block";
}

function CloseModal() {
    document.getElementById("modal").style.display = "none";
}

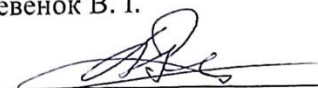
```

Додаток Г (обов'язковий)

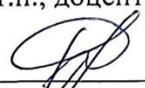
Акт впровадження

Акт впровадження

УЗГОДЖЕНО

к.т.н., доцент каф. БФМАІ
Ревенок В. І.
« 25 » листопада 2025 року

ЗАТВЕРДЖУЮ

в.о.завідувача кафедри БФМАІ
к.т.н., доцент Дідич В.М.
« 25 » листопада 2025 року

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ № 1/ 20.11.2025

результатів науково-дослідних робіт

Замовник кафедра БФМАІ Вінницького національного медичного університету
ім. М.І. Пирогова
(найменування організації)Цим актом підтверджується, що результати роботи – «веб-симулятор для виконання лабораторної роботи з фізики на тему «Дослідження електропровідності біологічних об'єктів»»

(найменування теми)

що виконала студентка гр. ЗАКІТР-24м, Нестюк Л.Ю., на громадських засадах
(виконавець)відповідно до планів робіт ВНТУ на 2023-2024 р.та на 2024-2025 р. та впроваджено у
Вінницькому національному медичному університеті

(строки виконання) (найменування організації, де здійснювалося впровадження)

1. Вид впроваджених результатів: комплексна веб-система для виконання лабораторної роботи з фізики під час дистанційного навчання
(експлуатація виробу, роботи, технології)2. Характеристика масштабу впровадження: одиничне
(унікальне, одиничне, партія, масове, серійне)3. Форма впровадження: доповнення до онлайн-бібліотеки веб-симуляторів лабораторних робіт з фізики4. Новизна результатів науково-дослідної роботи: модифікація методу виконання лабораторної роботи під час дистанційного навчання.
(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікації, модернізація старих розробок)5. Впроваджені: в освітньому середовищі ВНМУ ім. М. Пирогова6. Соціальний та науково-технічний ефект: У ході дослідження було розроблено спеціалізовану програму-симулятор, яка за допомогою веб-технологій моделює процес вимірювання електропровідності біологічних об'єктів. Ця програма демонструє значні

переваги проведення експерименту в дистанційному режимі, що є особливо важливим у навчальній сфері.

7. Ліцензійні застереження: Всі результати дослідницької роботи можуть бути впроваджені у навчальний процес, наукові дослідження, науково-методичне забезпечення та IT-інфраструктуру Вінницького національного медичного університету ім. М. Пирогова на безоплатній основі без обмежень прав на використання, копіювання, редагування, доповнення, публікацію та поширення.

Програмний код розробки надається університету на безоплатній основі без обмежень прав на використання, копіювання, редагування, доповнення, публікацію та поширення.

Від виконавця:
студентка групи ЗАКІТР-24м

Від ВНМУ ім. М. Пирогова:
в.о.завідувача кафедри БФМАІ
к.т.н., доцент



Людмила НЕСТЮК



Володимир ДІДИЧ

Керівник: к.т.н., доцент кафедри БФМАІ

Віктор РЕВЕНОК

Додаток Д (обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: «Розробка навчального автоматизованого симулятора для вивчення електропровідності біологічних об'єктів»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра АІТ
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КПІ) 7.48 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту.
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Бісікало О.В., зав. каф. АІТ

(прізвище, ініціали, посада)

Овчинников К.В., доц. каф. АІТ

(прізвище, ініціали, посада)

(підпис)
(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Маслій Р.В.

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

(підпис)

Кулик Я.А., доц. каф. АІТ

(прізвище, ініціали, посада)

Студент

(підпис)

Нестюк Л. Ю.

(прізвище, ініціали)