



**Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних технологій
Кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та
електротехніки**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ, ЯКІ ЛЕЖАТЬ В ОСНОВІ
ПОБУДОВИ ВОЛОГОМІРІВ**

**Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної форми
навчання
зі спеціальності 163 «Біомедична інженерія»**

Харків 2023

Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних технологій

Кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ, ЯКІ ЛЕЖАТЬ В ОСНОВІ
ПОБУДОВИ ВОЛОГОМІРІВ**

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної форми навчання зі спеціальності
163 «Біомедична інженерія»

Затверджено
рішенням Науково-
методичної ради
факультету енергетики,
робототехніки та комп'ютерних
технологій
Протокол № 3
від 22.02.2023 р.

Харків
2023

УДК 517.27
Ф 32

Схвалено
на засіданні кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії
та електротехніки
Протокол №5 від 16.02.2023 р.

Рецензенти:

О. Г. Аврунін, докт. техн. наук, проф., завідувач кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки;
О. М. Мороз, докт. техн. наук, проф., професор кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту Державного біотехнологічного університету

Ф-32 Дослідження фізичних явищ, які лежать в основі побудови вологомірів : метод. вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ден. форми навчання зі спец. 163 «Біомедична інженерія» / Держ. біотехнологічний ун-т ; авт.-уклад.: Н. Г. Косуліна, Г. А. Ляшенко, Н. В. Полянова. – Харків : [б. в.], 2023. – 28 с.

Методичні вказівки розроблено відповідно до програми навчальної дисципліни «Контрольно-вимірвальні прилади з основами метрології». Видання включає теоретичну частину, алгоритм виконання лабораторної роботи, контрольні запитання та перелік рекомендованої літератури.

Методичні вказівки призначені здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 163 «Біомедична інженерія».

УДК 517.27

Відповідальний за випуск : Н. Г. Косуліна, д-р техн. наук

© Косуліна Н. Г., Ляшенко Г. А.,
Полянова Н. В. 2023
© ДБТУ, 2023

1. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1. Електрична лабораторія – це приміщення підвищеної небезпеки, тому до роботи в лабораторії допускаються студенти, які прослухали відповідну частину лекційного курсу, інструктаж з техніки безпеки та пожежної безпеки і розписались у відповідному журналі.

2. Робота в лабораторії виконується ланками, або (за рішенням викладача) одноосібно.

3. На протязі одного заняття кожний студент виконує одну роботу. Виконання двох робіт може бути допущено керівником як виключення і лише при наявності певної підготовки студентів.

4. До виконання кожної роботи студенти повинні підготуватись попередньо до лабораторного заняття, ознайомитись з методичними вказівками, відпрацювати відповідні питання теорії з літературних джерел та підготувати бланк звіту за відповідною формою.

5. Керівник перевіряє готовність студентів до виконання роботи (наявність необхідних знань, які дають можливість виконати роботу та бланка звіту) і, тільки упевнившись в підготовленості студентів, дає дозвіл на виконання лабораторної роботи.

Студенти, які виявили непідготовленість, до виконання роботи не допускаються. До чергової роботи також не допускаються студенти, які не пред'явили повністю оформлений звіт попередньої роботи.

6. Отримав дозвіл керівника, студенти монтують схему за відповідними правилами (див. далі), переконавшись в тому, що автоматичні вимикачі вимкнені, тобто до затискачів живлення не підводиться напруга. Змонтована схема перевіряється усіма учасниками ланки і подається на затвердження керівникові.

При виявленні будь-яких ушкоджень приладів або обладнання (при зовнішньому огляді) необхідно звернутись до керівника.

7. Керівник перевіряє правильність монтажу схеми.

При виявленні помилок в монтажу схеми, або навіть в випадку, коли схема по суті працездатна, але не відповідає електричній принципівій схемі методичних вказівок, керівник пропонує студентам виявити і усунути помилку самостійно. Виправлена схема знову перевіряється керівником.

8. Якщо помилок в схемі немає, керівник, після попередження, вмикає схему під напругу, перевіряє її працездатність принаймні в крайніх режимах і дає дозвіл на початок роботи під напругою.

Будь-які перемикання або з'єднання повинні виконуватися у вимкненій схемі. Після кожного перемикання або зміни схеми, якою б вона не була, необхідна повторна перевірка схеми керівником.

Вмикати схему під напругу вперше або після будь-якої її зміни студентам категорично забороняється - вмикати автоматичні вимикачі може виключно керівник.

Студенти, які вмикають схеми свавільно, втрачають право роботи в лабораторії, окрім повної матеріальної відповідальності за можливі збитки, і можуть бути допущені до подальшої роботи лише за спеціальним дозволом.

9. Отримавши дозвіл керівника, студенти виконують спостереження у відповідності з методичними вказівками. Покази приладів підраховуються у відповідності з існуючими правилами і записуються олівцем безпосередньо у звіт у вигляді чисельних значень фізичних величин (не кількості поділок). Не дозволяється після вмикання схеми відходити від лабораторного стола і залишати працюючу схему без нагляду. Усю дослідну частину роботи рекомендується зробити одразу, без вимикання напруги, якщо це не потрібно за методичними вказівками.

10. Після закінчення дослідної частини лабораторної роботи студенти вимикають автоматичні вимикачі і, не розбираючи схеми, виконують всі необхідні розрахунки, після чого пред'являють керівникові звіти.

Якщо деякі результати спостережень викликають сумніви керівника, то вони мають бути перевірені. В іншому випадку керівник дає дозвіл на розбирання схеми.

11. Оформлення звітів виконується безпосередньо на тому ж лабораторному занятті. При цьому дослідні дані залишаються написані олівцем, а розрахункові результати записуються авторучкою.

12. Оформлений звіт на тому ж занятті захищається перед керівником. Як виключення дозволяється захист звітів на наступному занятті.

13. Якщо керівник упевниться в правильності оформлення звіту, в розумінні студентом мети і змісту роботи, методики її проведення, сутності отриманих результатів, знань відповідної частини курсу шляхом опитування студента, розв'язання студентом задач або тестуванням на ЕОМ, він зараховує студенту цю роботу з відміткою в журналі про отриману студентом оцінку і дату захисту звіту.

В іншому випадку робота не зараховується.

Повторний захист звіту можливий лише на наступному занятті і лише після внесення у звіт виправлень, якщо вони необхідні.

При наявності у студента двох незахищених звітів по виконаних роботах він не може бути допущений до виконання подальших робіт в лабораторії.

14. В приміщенні лабораторії повинна підтримуватись тиша.

Паління в лабораторії категорично забороняється.

Залишати заняття навіть на короткий час можна лише з дозволу керівника.

Після закінчення занять студенти зобов'язані упорядкувати свої робочі місця - повністю розібрати електричні схеми, скласти проводи у шухляди столів, підірвати прилади, охайно поставити лави.

15. Під час роботи в лабораторії необхідне дбайливе становлення до лабораторного майна.

Переносити прилади і обладнання з одного місця на інше або переставляти їх в межах стола не дозволяється.

16. При порушенні студентом цих правил, керівник має право відсторонити порушника від роботи в лабораторії. Подальша робота студента можлива лише за спеціальним дозволом.

2. ВКАЗІВКИ ПО МОНТАЖУ СХЕМ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

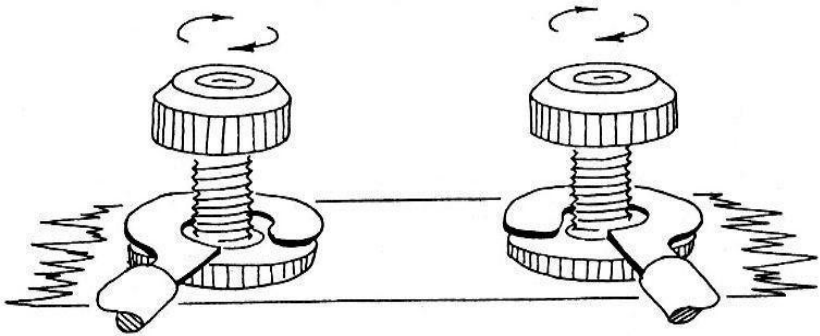
1. Перед початком монтажу необхідно упевнитись в тому, що автоматичний вимикач вимкнений, а індикаторні лампочки не світяться.

2. Монтаж електричної схеми повинен виконуватись у повній відповідності до електричної принципової схеми методичних вказівок.

3. Не дозволяється пересувати і переносити вимірювальні прилади.

4. З'єднувальні провідники мають бути якомога короткими, але не натягнутими, найбільш простим чином розташовуватись у просторі, по можливості не перехрещуватись і не затуляти шкали вимірювальних приладів та ручок органів керування.

Для монтажу різних електричних кіл доцільно використовувати провідники різного кольору. Також доцільно для монтажу головного струмового кола, а також кіл вторинних трансформаторів струму використовувати провідники більшого розрізу ніж для монтажу вимірювальних кіл напруг. Наконечники слід затискати у затискачах так, як зображено на рис. 1.



а) Вірно. Просічка наконечника розташована праворуч відносно гвинта

б) Невірно. Просічка наконечника розташована ліворуч відносно гвинта

Рис. 1. Напрямок затягування барашка затискача

5. Ручки лабораторних автотрансформаторів, якщо ці прилади використовуються, треба установити таким чином, щоб на вихідних затискачах «Навантаження», напруга була відсутня (крайнє положення проти годинникової стрілки).

6. Перш за все треба зібрати головне струмове коло схеми. Воно включає джерело енергії, навантаження, а можливо, ще і амперметри, первинні обмотки вимірювальних трансформаторів струму, струмові обмотки ватметрів і лічильників електричної енергії. При цьому в однофазних схемах змінного струму треба починати з того затискача живлення, який позначений на шильдику кожного робочого стола, з'єднати елементи схеми в тій послідовності, в котрій вони розташовані на електричній принциповій схемі методичних вказівок і продовжити монтаж струмового кола, до іншого затискача живлення, теж позначеного на шильдику робочого стола, або затискача занулення. В трифазних колах змінного струму так саме послідовно монтується головне струмове коло кожної з фаз.

Лише після монтажу головного струмового кола до нього під'єднуються кола напруг вимірювальних приладів. Ці кола можуть включати вольтметри, первинні обмотки вимірювальних трансформаторів напруг, обмотки напруг ватметрів і лічильників електричної енергії, а також кола вторинних обмоток вимірювальних трансформаторів напруг з відповідними приладами.

Особливу увагу треба звертати на правильність і надійність з'єднань в колах вторинних обмоток вимірювальних трансформаторів струму, до яких входять звичайно амперметри, обмотки струму ватметрів і лічильників електричної енергії.

7. Слід по можливості уникати приєднання до одного затискача великої кількості з'єднувальних провідників, розташовуючи їх, якщо це можливо, на інших рівноцінних (у сенсі однаковості потенціалів) затискачах, особливо до тих елементів схеми, які по ходу виконання роботи необхідно замінювати іншими.

8. До затискачів вимірювальних приладів слід підключати лише ті провідники, за допомогою яких цей вимірювальний прилад під'єднується до схеми, але у ватметрів і лічильників електричної енергії при безпосередньому їх вмиканні в електричне коло (без вимірювальних трансформаторів), з'єднання між колами струму і напруги (звичайно затискачі приладу, які відмічені зірочками) слід здійснювати на затискачах самого приладу.

9. При використанні перемикачів слід враховувати можливість непередбачуваних замикань (при перемиканні) деяких ділянок електричної схеми.

10. Органи керування електричними параметрами установити в положення, при яких напруги і струми будуть найменшими.

Межі вимірювань вимірювальних приладів, якщо немає додаткових вказівок або приблизне значення фізичної величини невідоме, установити найбільшими.

11. В монтажі схеми повинні приймати участь всі студенти ланки, розподіляючи між собою по черзі певні ділянки електричної схеми. В вірності монтажу електричної схеми повинні упевнитись всі учасники лабораторної роботи.

12. Звернутись до керівника з проханням перевірити змонтовану електричну схему лабораторної роботи.

3. ПРАВИЛА ЗНЯТТЯ ПОКАЗІВ З ПРИЛАДІВ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВІДЛІКУ

Шкали приладів безпосереднього відліку можуть бути іменованими (переважно для одноможевих приладів) і умовними (переважно для багатомежевих приладів). Оскільки кількість поділок шкали залежить від класу точності приладу, не слід намагатися зняти показ якомога точно (як, наприклад, при користуванні логарифмічною

лінійкою). Розглянемо для прикладу рис. 2.

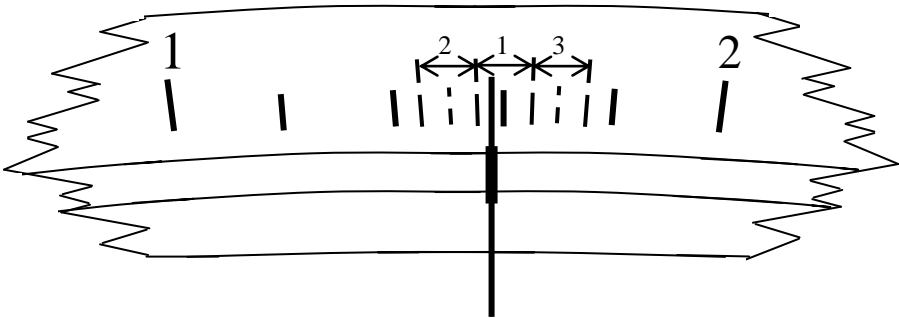


Рис. 2. Фрагмент шкали в вимірювального приладу

Якщо показник знаходиться де завгодно у зоні 1, як на рис. 2, відлік буде 1,6.

Якщо показник знаходиться де завгодно у зоні 2, відлік буде 1,5.

Якщо показник знаходиться де завгодно у зоні 3, відлік буде 1,7.

Зображені штриховими лініями однакові за розміром і розташовані симетрично відносно поділок зони треба уявити на око.

При наявності дзеркальної шкали, око треба розташувати таким чином, щоб показник і його зображення у дзеркальці збіглися.

При використанні приладів з умовними шкалами значення фізичних величин розраховується таким чином.

Для вольтметрів:

$$U, V = \frac{\text{Номінальне значення напруги (межа вимірювань), В}}{\text{Значення останньої оцифрованої поділки шкали, под.}}$$

× Відлік показника, под.

Для амперметрів:

$$I, A = \frac{\text{Номінальне значення струму (межа вимірювань), А}}{\text{Значення останньої оцифрованої поділки шкали, под.}}$$

× Відлік показника, под.

Для ватметрів:

$$P, Вт = \frac{\text{Номінальне значення напруги (межа вимірювань), В} \times$$

$$\frac{\text{Номінальне значення струму (межа вимірювань), А}}{\text{поділки шкали, под.}}$$

× Відлік показника, под.

Якщо прилад вимірює кратні або частинні величини, то змінюється лише розмірність чисельника у відношенні. Межі вимірювань вимірювальних приладів, якщо немає додаткових вказівок або приблизне значення фізичного параметра невідоме, спочатку слід обирати найбільшими. В подальшому необхідно зменшувати межу вимірювань до того значення, при якому показник буде знаходитись якомога далі від початку шкали, але ні в якому разі не зашкалювати, що досягається попереднім розрахунком.

Значення напруги і струму не повинні перевищувати відповідних номінальних значень ватметрів, тобто номінальні значення напруги і струму ні в якому разі не можна обирати за принципом зручності розрахунків, обираючи зручну сталу приладу.

Зразок звіту з лабораторної роботи

1. Мета роботи
2. Прилади і обладнання

Таблиця 1

Прилади і обладнання

N п/п	Назва	Сист. або тип	Клас точн.	Межі вимірювань або зміни параметрів	Зав. N	Основні параметри	Прим.
1							
2							

3. Електричні принципові схеми
4. Таблиці даних спостережень і розрахунків
5. Розрахункові формули (повинна бути наведена повна словесна розшифровка всіх прийнятих умовних позначень)
6. Графіки та векторні діаграми
(Будуються, якщо вони потрібні, охайно з використанням креслярських приладів на міліметровій або на папері в клітинку. Векторні діаграми повинні супроводжуватись наведенням масштабів, обраних з ряду $1 \cdot 10^n$, $2 \cdot 10^n$, $5 \cdot 10^n$, де $n = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$).
7. Висновки
(Потрібно дати основні висновки по роботі. Так, наприклад, в роботах по повірках приладів треба перш за все встановити факт відповідності або невідповідності приладів своєму класу точності).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ, ЯКІ ЛЕЖАТЬ В ОСНОВІ ПОБУДОВИ ВОЛОГОМІРІВ

1.1. Мета роботи

Відкалібрувати кондуктометричний і діелькометричний вологоміри, визначити за їх допомогою вологість речовини.

1.2. Підготовка до роботи

До приходу в лабораторію необхідно:

- ознайомитись з описом лабораторної роботи і підготувати бланк звіту;
- ознайомитись з матеріалами лекцій та навчальною літературою.

1.3. Загальні відомості

Часто аналіз хімічного складу речовин треба проводити в складних температурних умовах, при різних тисках і швидкості рідин або газів. Діапазон вимірювання концентрації дуже широкий. Наприклад, для усунення шкідливої дії деяких газів на здоров'я людей треба контролювати їх наявність приладами з межею вимірювання порядку 10^{-4} % об'ємної концентрації, а при виробництві хімічно чистих металів та напівпровідників треба вимірювати домішки, концентрація яких не перевищує 10^{-6} - 10^{-8} %. Останнім часом особливого поширення набули прилади для контролю чистоти біологічного середовища землі, повітря і води.

Електрохімічні методи. Електрохімічні методи залежно від типу перетворювачів поділяють на кондуктометричні, потенціометричні, кулонометричні та полярографічні.

Кондуктометричний метод ґрунтується на використанні резистивних електролітичних перетворювачів.

Потенціометричний метод ґрунтується на використанні гальванічних перетворювачів. Цей метод широко використовують в рН-метрах і газоаналізаторах.

Кулонометричний метод ґрунтується на однойменних перетво-

рювачах і застосовується для вимірювання концентрації розчинів.

Полярографічний метод є одним з найчутливіших електрохімічних методів. Він дає змогу аналізувати багатокомпонентні суміші без їх попереднього розподілу. Аналіз здійснюється на основі полярограми – вольтамперної характеристики електролізу розчину в спеціальному перетворювачі. Полярограма має вигляд ступінчастої кривої, кожний ступінь якої характеризує наявність іонів певного виду.

1.4. Прилади і обладнання

1. Вологомір зерна польовий ВЗПК-1.
2. Універсальне джерело живлення (УДЖ).
3. Міст універсальний Е12-2.
4. Давач кондуктометричний і діелькометричний.
5. Імітатор зразків матеріалів (речовин) з каліброваною вологістю (в подальшому імітатор).

1.5. Порядок виконання роботи

1. Відкалібрувати кондуктометричний вологомір. При цьому імітація давача вологості разом з матеріалами (речовинами) здійснюється імітатором, а вимірювання опору - мостом.

2. Зібрати електричну схему, з'єднавши вихід імітатора зі входом моста Е12-2 (із затискачами «R-C-L»).

3. Підготувати міст до роботи.

4. Ручку «Регулировка напряжения» (тут і далі збережено російськомовний запис назв органів керування, що існує на приладах) установити в крайнє положення проти годинникової стрілки.

5. Ввімкнути тумблер «Сеть» і дати приладу прогрітися на протязі 5 хвилин.

6. Перемикач «Вид измерения» установити в положення «С», а перемикач «Частота, Гц» - в положення «100».

7. Нажати кнопку і ручкою «Установка нуля» встановити стрілку індикатора на нуль.

8. Перемикач «Вид измерения» перевести в положення «R».

9. Тумблер імітатора установити в положення «Влагомер кондуктометрический».

10. Перемикач «Влажность» імітатора установити в положення «5 %».

11. Ручкою «Регулировка напряжения» моста встановити покази індикатора в межах 80 - 100 поділок.

12. Ліву ручку «Отсчет» моста повернути так, щоб у вікні з'явилась цифра «1», за допомогою правої ручки «Отсчет» установити показ шкали, що дорівнює 0,5.

13. Ручку «Множитель» моста установити в положення, що відповідає найменшому показу індикатора.

14. Ручками «Отсчет» моста добитися найменших показів індикатора, періодично збільшуючи чутливість приладу обережним обертотом ручки «Регулировка напряжения» за годинниковою стрілкою.

15. Величину опору визначити як добуток суми показів у вікні і шкалі на множник, що визначається у вікні над ручкою «Множитель». Значення опору записати в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Експериментальна залежність опору від вологості

Вологість відносна W , %	5	10	15	20	25
Опір R , КОм					

16. Аналогічно виконати вимірювання опору при відносних вологостях матеріалів (речовин) 10%, 15%, 20% і 25%. При цьому перемикач імітатора установити у відповідне положення і кожного разу виконати вимоги пп. 10-15. Результати записати в табл. 1.1.

17. Вимкнути тумблер «Сеть» моста.

18. Визначити параметри A і B регресійної показникової функції

$R = \frac{A}{W^B}$ шляхом розв'язування системи двох лінійних рівнянь з двома невідомими відносно нових невідомих a і b . Дамо короткі пояснення. Маємо апроксимуючу функцію:

$$R = \frac{A}{W^B} .$$

Прологарифмуємо цю функцію, використовуючи натуральні логарифми:

$$\ln R = \ln A - B \ln W .$$

Після введення нових змінних X і Y , а також коефіцієнтів a і b отримаємо нове лінійне рівняння:

$$Y = aX + b,$$

де $Y = \lg R$;

$b = \lg A$;

$a = -b$;

$X = \lg W$.

Коефіцієнти a і b можна знайти з системи рівнянь:

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n X_i^2 + b \sum_{i=1}^n X_i = \sum_{i=1}^n X_i Y_i; \\ a \sum_{i=1}^n X_i + bn = \sum_{i=1}^n Y_i, \end{cases}$$

де n - кількість дослідів (в нашому випадку $n = 5$). Для нашого випадку будемо мати:

$$a(\lg^2 W_1 + \lg^2 W_2 + \dots + \lg^2 W_5) + b(\lg W_1 + \lg W_2 + \dots + \lg W_5) = \\ = \lg W_1 \lg R_1 + \lg W_2 \lg R_2 + \dots + \lg W_5 \lg R_5;$$

$$a(\lg W_1 + \lg W_2 + \dots + \lg W_5) + b \cdot 5 = \lg R_1 + \lg R_2 + \dots + \lg R_5.$$

Розв'язання останньої системи рівнянь відносно невідомих a і b можливо здійснити, наприклад, методом визначників. Параметри A і B регресійної показникової функції визначаються за формулами:

$$B = -a;$$

$$A = 10^b.$$

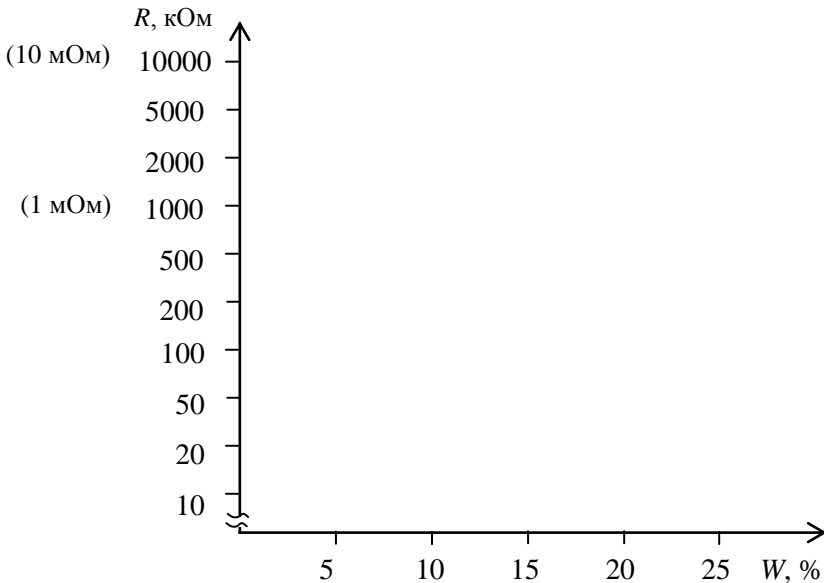
19. Обчислити значення опору за формулою $R = \frac{A}{W^B}$, взявши чисельні значення A і B з п. 18 для відносної вологості 2,5; 7,5; 17,5; 22,5; 27,5 %. Результати записати в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Теоретична залежність опору від вологості

Вологість відносна W , %	2,5	7,5	17,5	22,5	27,5
Опір R , КОм					

20. За даними табл. 1.2 побудувати графік залежності $R = \frac{A}{W^B}$ в інтервалі відносної вологості від 2,5 % до 27,5 % в такій системі координат:



Оскільки маємо великий діапазон зміни опору, масштаб по осі ординат повинен бути логарифмічним, тобто відкладаємо під певної точки $\lg R$, а пишемо ліворуч осі R .

На графіку відмітити експериментальні значення відносних вологостей і відповідних опорів з табл. 1.1.

21. Відкалібрувати дієлькометричний вологомір.

22. Виконати пп. 2- 6.
23. Тумблер « $Q - tg \delta$ » моста встановити в положення « $tg \delta$ ».
24. Виконати п. 7.
25. Тумблер імітатора установити в положення «Влагомер диэлькометрический».
26. Перемикач «Влажность имитатора» установити в положення «5 %».
27. Виконати пп. 11 і 12.
28. Ручкою « $tg \delta$ » установити по шкалі « $tg \delta$ » показ в межах 0,002-0,005.
29. Виконати п. 13.
30. За допомогою ручок «Отсчет» (лівою і правою) і « $tg \delta$ » моста добитися мінімального показу індикатора, періодично збільшуючи чутливість приладу обережним обертотом ручки «Регулировка напряжения» за годинниковою стрілкою.
31. Значення ємності визначити як добуток суми показів у вікні і шкалі на множник, що визначається у вікні над ручкою «Множитель». При вимірюваннях на частоті 100 Гц це значення ємності слід помножити на 10. Значення ємності записати в табл. 1.3.
32. Значення тангенса кута діелектричних втрат прочитати на шкалі « $tg \delta$ » і також записати в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Експериментальна залежність ємності і тангенса кута діелектричних втрат від вологості

Вологість відносна W , %	5	10	15	20	25
Ємність C , пФ					
Тангенс кута діелектричних втрат $tg \delta$, в.о.					
Модуль комплексної відносної діелектричної проникності ϵ , в.о.					

33. Аналогічно виконати виміри ємності і тангенса кута діелектричних втрат при відносних вологостях матеріалів (речовин) 10%, 15%, 20% і 25%. При цьому перемикач імітатора встановити у відповідне положення і кожного разу виконувати вимоги пп. 27-32.

34. Обчислити модуль комплексної відносної діелектричної проникності при відносних вологостях 5%, 10%, 15%, 20% і 25% за формулою:

$$\varepsilon = 1,13 \frac{Cd}{S},$$

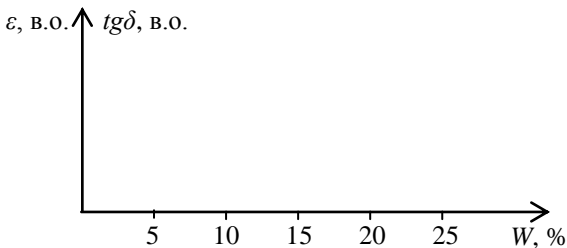
де C - ємність, пФ;

d - відлеглість пластин давача, мм ($d = 5,27$ мм);

S - ефективна площа пластин давача, см² ($S = 228$ см²). Результат записати в табл. 1.3.

35. Виключити тумблер «Сеть» моста.

36. Побудувати графік залежності комплексної відносної діелектричної проникності і тангенса кута діелектричних втрат об'єкта, що імітується, від відносної вологості в системі координат:



37. Виміряти вологість реального об'єкта - листа поролону кондуктометричним і діелькометричним методами.

38. Трохи зволожений та добре віджати лист поролону помістити між пластинами давача на тонкому листі діелектрика.

39. Під'єднати давач до затискачів $R - C - L$ моста Е12-2 двома короткими провідниками.

40. Виконати вимірювання об'ємного опору об'єкта за допомогою моста, для чого послідовно виконати пп. 4-8, 11-15. Значення опору записати в табл. 1.4.

41. Виконати вимірювання ємності і тангенса кута діелектричних втрат того ж давача, для чого послідовно виконати пп. 6, 23, 7, 11, 12, 28, 13, 30, 31. Значення ємності і кута діелектричних втрат теж

записати в табл. 1.4.

42. Вимкнути тумблер «Сеть» моста.

43. Користуючись графіками з пп. 20 і 36, визначити відносну вологість кондуктометричним методом, а також відносну вологість діелькометричним методом (по ε і $tg \delta$). Результати записати в табл. 1.4.

44. Виміряти вологість реального об'єкта - зерна, жита, пшениці, ячменю та рису за допомогою польового вологоміра зерна ВПК-1.

Таблиця 1.4

Об'ємний опір реального об'єкта, ємність давача, тангенс кута діелектричних втрат, а також відносна вологість об'єкта, отримана кондуктометричним і діелькометричним методами

Об'ємний опір, МОм	
Ємність, пФ	
Тангенс кута діелектричних втрат, в.о.	
Відносна вологість, що визначена кондуктометричним методом, %	
Відносна вологість, що визначена діелькометричним методом по ε , %	
Відносна вологість, що визначена діелькометричним медом по $tg \delta$, %	

45. З'єднати вологомір з УДЖ двома провідниками відповідно до вказаної полярності.

46. Органи керування УДЖ установити в положення: «Вых. напр.» - «Ток нагр.» - положення «Вых. напр.»;

Тумблер «0-15» - «15-30» - положення «0-15»; «Уст. напр. плавно» - крайне проти годинникової стрілки.

47. Ввимкнути тумблер «Сеть» УДЖ і ручкою «Уст. напр. плавно» установити стрілку індикатора УДЖ на 80 поділок.

48. Натиснути і відпустити клавішу «Вкл.» вологоміра.

49. Ручкою «Уст. 0» вологоміра установити стрілку індикатора вологоміра на середину шкали.

50. Засипати в бункер вологоміра зерно, що досліджується.

51. Повільно обертаючи ручку «Влажн. %» вологоміра, встановити стрілку його індикатора на середину шкали. Значення відносної вологості зерна прочитати на відповідній зерну шкалі і записати в

табл. 1.5.

52. Виконати виміри відносної вологості інших сільськогосподарських культур, виконуючи послідовно пп. 50-51.

53. Вимкнути вологомір (натискаючи і відпускаючи клавішу «Вкл.») і УДЖ (тумблером «Сеть»).

54. Зробити висновки по роботі.

1.6. Зміст звіту

1. Найменування і мета роботи.

2. Електрична принципова схема моста змінного струму з викладенням його принципу дії.

3. Прилади і обладнання.

4. Таблиці 1.1-1.5.

5. Графіки відповідно до пп. 20 і 36.

6. Розрахункові формули і обчислення.

7. Висновки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шаповаленко О. Г. Основи електричних вимірювань. Підручник / О. Г. Шаповаленко, В. М. Бондар // К.: Либідь, 2002. – 320 с.
2. Черепнев А. С. Метрология и основы измерений / А. С. Черепнев, Г. А. Ляшенко, Н. А. Романченко // Харьков, 2008. – 182 с.
3. Черенков О. Д. Основи метрології та електричних вимірювань. Підручник / О. Д. Черенков, Н. Г. Косуліна, Г. А. Ляшенко // Х.: ФОП Влавке, 2020. – 150 с.

ЗМІСТ

1. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	5
2. ВКАЗІВКИ ПО МОНТАЖУ СХЕМ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	5
3. ПРАВИЛА ЗНЯТТЯ ПОКАЗІВ З ПРИЛАДІВ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВІДЛІКУ	7
4. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА. ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ, ЯКІ ЛЕЖАТЬ В ОСНОВІ ПОБУДОВИ ВОЛОГОМІРІВ	12
1.1. Мета роботи	12
1.2. Підготовка до роботи	12
1.3. Загальні відомості	12
1.4. Прилади і обладнання	13
1.5. Порядок виконання роботи	13
1.6. Зміст звіту	20
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	20

Навчальне видання

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ, ЯКІ ЛЕЖАТЬ В ОСНОВІ
ПОБУДОВИ ВОЛОГОМІРІВ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт

Автори-укладачі:
КОСУЛІНА Наталія Геннадіївна
ЛЯШЕНКО Геннадій Анатолійович
ПОЛЯНОВА Надія Володимирівна

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. _.

Наклад ___пр.

Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44

