



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

**ВИВЧЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО ОСЦИЛОГРАФА І
ПОРЯДКУ РОБОТИ З НИМ**

**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

ВИВЧЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО ОСЦИЛОГРАФА І ПОРЯДКУ РОБОТИ З НИМ

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.

Рецензент:

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 Вивчення універсального осцилографа і порядку роботи з ним: 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 керівників.

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 вмикають 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 ставлення 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.

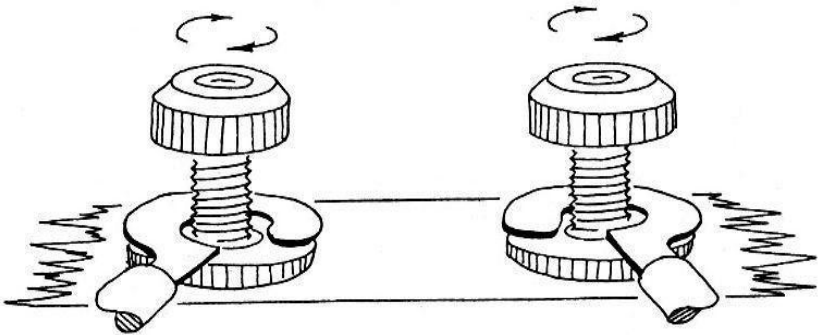
2. Монтаж електричної схеми повинен виконуватись у повній відповідності до електричної принципової схеми методичних вказівок.

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 одномежових приладів) і умовними (переважно для багатомежових 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.

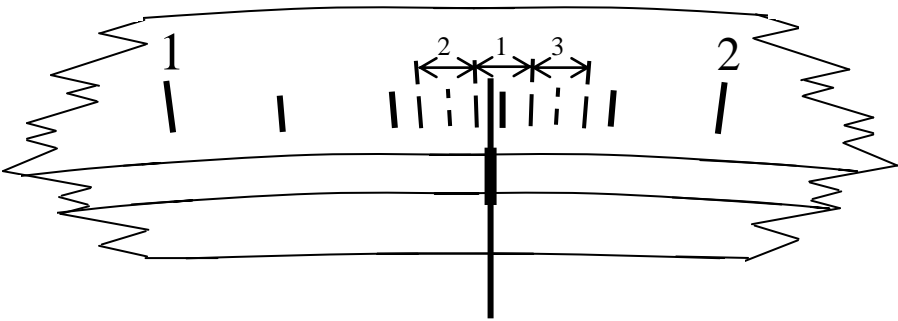


Рис. 2. Фрагмент шкали в вимірювального приладу

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:

$$P, Вт = \frac{\text{Номінальне значення напруги (межа вимірювань), В} \times \text{Значення останньої оцифрованої}}{\times \text{Номінальне значення струму (межа вимірювань), А}} \times \text{поділки шкали, под.}$$

× 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 № 8

ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО УНІВЕРСАЛЬНОГО ОСЦИЛОГРАФА І ПОРЯДКУ РОБОТИ З НИМ

1.1. Мета роботи

Вивчити побудову та принцип дії електронного універсального осцилографа та засвоїти прийоми його використання у вимірювальній практиці.

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

Призначення осцилографа. Електронний осцилограф – це один із найбільш розповсюджених радіовимірювальних приладів. Він призначений здебільшого для спостереження форми кривої досліджуваної напруги, тобто для отримання осцилограм, які являють собою залежність $u = f(t)$, крім того, він може бути використаний також для вимірювання частоти, фази, напруги, коротких проміжків часу та інше.

Широке і різнобічне застосування електричного осцилографа обумовлене не тільки його універсальністю та наочністю одержаного на екрані трубки зображення досліджуваної напруги, але також і високими метрологічними параметрами приладу – великим вхідним опором, великою чутливістю та широкосмужністю.

Великий вхідний опір осцилографа обумовлює мінімальний вплив

його підключення на електричний режим досліджувального кола. Безінерційність електронного осцилографа дозволяє досліджувати електричні процеси в широкому діапазоні частот (до декількох тисяч МГц), а його висока чутливість дає можливість одержувати осцилограми напруги малої амплітуди.

Використання широкосмужних підсилювачів вертикального відхилення дозволяє досліджувати несінусоїдальну напругу з мінімальним спотворенням.

Принцип дії електричного осцилографа базується на використанні властивостей електронно-променевої трубки.

Електронно-променева трубка. На рис. 1.1 схематично зображена будова найбільш поширеної електронно-променевої трубки з електростатичним керуванням, яка застосовується в сучасному осцилографі. На цьому ж рисунку наведена схема живлення трубки та керування її електронним променем.

Змінюючи потенціал на модуляторі відносно катода, можна змінювати кількість електронів, що рухаються до екрану в одиницю часу, тобто регулювати яскравість плями на екрані.

Аноди трубки сконструйовані у вигляді циліндрів і призначені для створення прискорюючого електричного поля і фокусування електронного променя. Аноди мають високий позитивний потенціал відносно катода. Проміж анодів створюється неоднорідне електричне поле, що діє на електронний пучок як збиральна лінза, яка фокусує електрони в певній точці на екрані трубки осцилографа. Здійснюється фокусування змінного потенціалу першого аноду. При цьому досягають мінімальних розмірів точки, яка висвітлюється на екрані.

Другий анод звичайно має нульовий потенціал відносно землі, тобто з'єднується з корпусом осцилографа, а катод має високий від'ємний потенціал. Такий засіб підключення живлячої напруги забезпечує безпеку дотику оператора до виводів затискачів відхилюючих пластин.

Для зменшення впливу на фокусування пучка вторинних електронів, що вибиваються з екрана, внутрішню поверхню балона осцилографічних трубок покривають шаром металу або графіту і з'єднують з другим анодом. В деяких трубках між відхиляючими пластинами та екраном розміщується третій анод, який призначений для післяприскорення електронного пучка. Він має більш високий потенціал ніж другий.

Вся система електродів, необхідних для створення і формування електронного пучка, називається іноді електронним прожектором. Екраном електронно-променевої трубки є внутрішня поверхня скляної трубки, що покрита шаром хімічної речовини, яка світиться під дією падаючого на нього електронного пучка.

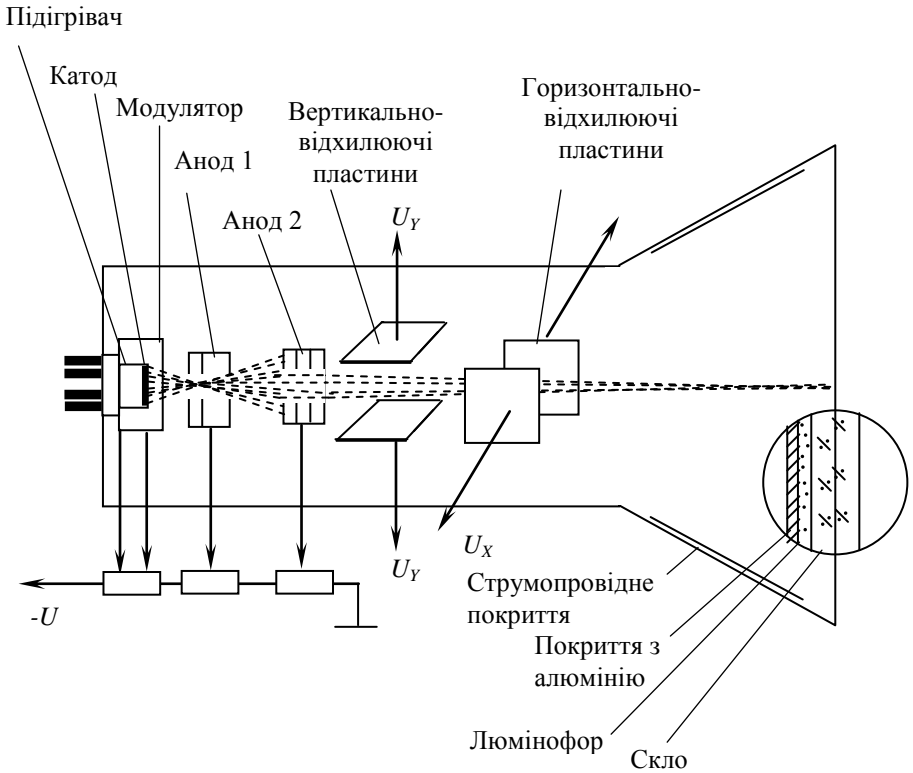


Рис. 1.1. Будова електронно-променевої трубки

Світіння екрана може тривати і протягом деякого часу після ударів електронів. Час післясвітіння може бути коротким (менше 10 мс), середнім (10-100 мс) і довгим (більше 100 мс). В універсальних осцилографіях застосовують трубки з коротким і середнім часом післясвітіння. Найбільш розповсюджений колір світіння екрана

осцилографічних трубок – зелений, який менше втомлює зір при тривалому спостереженні. Рідше застосовуються трубки з синім світінням, які призначені переважно для фотографування зображень з екрану.

Електронно-променева трубка характеризується способом відхилення пучка (електричним або магнітним полем), величиною чутливості по горизонталі та вертикалі, величиною напруг, що живлять аноди, і діаметром робочої частини екрану.

Для відхилення електронного пучка, тобто для його зміщення по екрану в осцилографічних трубках використовують дві пари відхиляючих пластин, що мають порівняно невелику ємність – приблизно 1–5 пФ. Обидві пари цих пластин, тобто вертикально відхиляючі та горизонтально відхиляючі пластини, розміщені взаємно перпендикулярно і можуть за допомогою електричного поля, що створюється проміж пластин, відхиляти електронний пучок по вертикалі (вісь Y) або горизонталі (вісь X). У відповідності з цим буде змінюватись і положення висвітленої плями на екрані. Вертикально відхиляючі пластини називають звичайно Y -пластинами, а горизонтально відхиляючі – X -пластинами.

Для усунення впливу зовнішніх електричних і магнітних полів на електронний промінь трубку осцилографа звичайно вміщують в екран.

Чутливістю осцилографічних трубок називається величина відхилення світової плями в міліметрах при зміні напруги на відхиляючих пластинах на 1 В. Вона лежить в межах від 0,1 до 1,5 мм/В. На чутливість трубки впливає величина анодної напруги і її конструкція, а саме її довжина, форма і розміри пластини, а також відстань до екрану. Зі збільшенням відстані від пластини до екрану та зі зменшенням напруги на другому аноді чутливість трубки зростає. Чутливість трубки по вертикалі та чутливість по горизонталі неоднакові.

Відхилення електричного пучка по вертикалі здійснюється напругою досліджуваного сигналу, а також сталою напругою, що підводиться до пластин Y . Зміною сталою потенціалу за допомогою потенціометра зміщують зображення по вертикалі. Відхилення пучка по горизонталі здійснюється напругою розгортки, що підводиться до пластин X , і сталою напругою, яка зміщує зображення на екрані ліворуч або праворуч.

Принцип дії електронного осцилографа. При подачі змінної напруги лише на вертикально відхиляючі пластини електронно-

променевої трубки (розміщені горизонтально) світлова пляма на її екрані буде переміщуватись по вертикалі. Коли це переміщення буде достатньо швидким, на екрані буде одержана вертикальна світлова лінія. Так саме при подачі змінної напруги лише на горизонтально відхиляючі пластини на екрані з'явиться горизонтальна світлова лінія.

Для одержання на екрані трубки розгорнутого зображення необхідно подавати змінні напруги на обидві пари пластин. Звичайно на вертикально відхиляючі пластини подають досліджувану напругу, а на горизонтально відхиляючі – допоміжну напругу певної форми. Цю допоміжну напругу називають розгортаючою або розгорткою.

У вигляді розгортки найчастіше використовують напругу пилкоподібної форми.

В склад осцилографа крім електронно-променевої трубки і джерела живлення обов'язково повинен вийти також генератор пилкоподібної напруги, яка змінюється в часі за лінійним законом. Так як чутливість електронно-променевих трубок мала, то для одержання необхідних розмірів зображення на екрані трубки необхідно до відхиляючих пластин підводити напругу в декілька десятків вольт і навіть сотень вольт.

Щоб збільшити чутливість і мати можливість досліджувати слабкі сигнали, до складу осцилографа вводять підсилювачі.

Для дослідження періодичних процесів на горизонтально відхиляючі пластини безперервно подають розгортаючу напругу, період якої повинен бути рівним або в ціле число разів більшим, ніж період досліджуваної напруги.

Для досліджування форми коротких імпульсів тривалість часу розгортки (а не періоду розгортки) повинна відповідати тривалості досліджуваного імпульсу. Це можливо при умові, що розгортаюча напруга буде вмикатися на час проходження тільки імпульсів, а решту часу періоду як би «чекати» надходження чергового імпульсу.

У відповідності з цим лінійні розгортки поділяють на безперервні і чекаючі.

Розглянемо принцип одержання осцилограми за допомогою безперервної лінійної розгортки. В даному випадку до вертикально відхиляючих пластин трубки підводять досліджувану напругу, а до горизонтально відхиляючих напругу, яка зростає лінійно, тобто таку, яка змінюється прямо пропорційно часу.

Ідеальна (а) і реальна (б) криві напруги безперервної лінійної розгортки зображені на рис. 1.2.

При підведенні пилкоподібної напруги до пластин X трубки світлова пляма від початкового положення буде рівномірно переміщуватися на протязі часу t_1 до кінцевого положення, а далі швидко вертатися в своє початкове положення за час t_2 , який в ідеальному випадку мав би дорівнювати нулю.

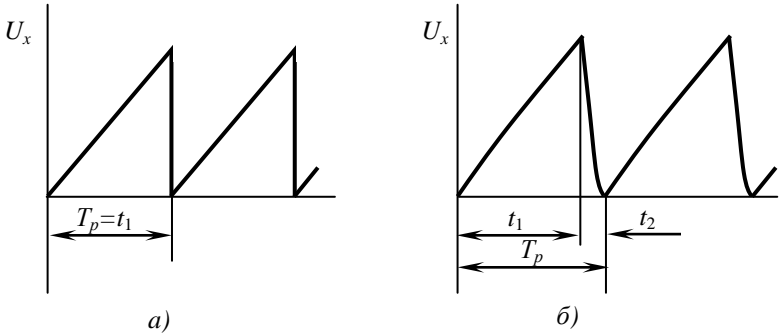


Рис. 1.2. Часові діаграми розгортаючої напруги:
а) ідеальної, б) реальної

Якщо одночасно з цим до пластин Y підвести досліджувану напругу кратної частоти, то на екрані осцилографа при ідеальній формі розгортки вийде декілька періодів напруги, яка досліджується (рис. 1.2). Положення 0,1...8 світлової плями на екрані осцилографа у відповідні моменти часу визначаються величинами миттєвих значень досліджуваної і розгортаючої напруги.

Для одержання на екрані осцилограми в декілька періодів необхідно, щоб частота розгортки була в декілька разів меншою, ніж частота досліджуваної напруги (період розгортки в декілька разів більше періоду досліджуваної напруги).

Якщо при рівності частот $f_Y = f_X$ використовувати пилкоподібну напругу реальної форми, для якої $t_2 \neq 0$, то на екрані осцилографа буде показаний неповний період досліджуваної напруги, оскільки за час t_2 відбувається зворотній рух світлової плями.

На практиці час зворотнього ходу t_2 значно менше часу прямого ходу t_1 , він звичайно не перевищує 15 % періоду розгортки T_p .

В ідеальному випадку пилкоподібна напруга при своєму зростанні повинна мати суворо лінійну залежність від часу, що необхідно для одержання однакового часового масштабу по довжині лінії розгортки. При порушенні лінійності розгортки відбувається зміна масштабу часу осцилограми, тобто її спотворення.

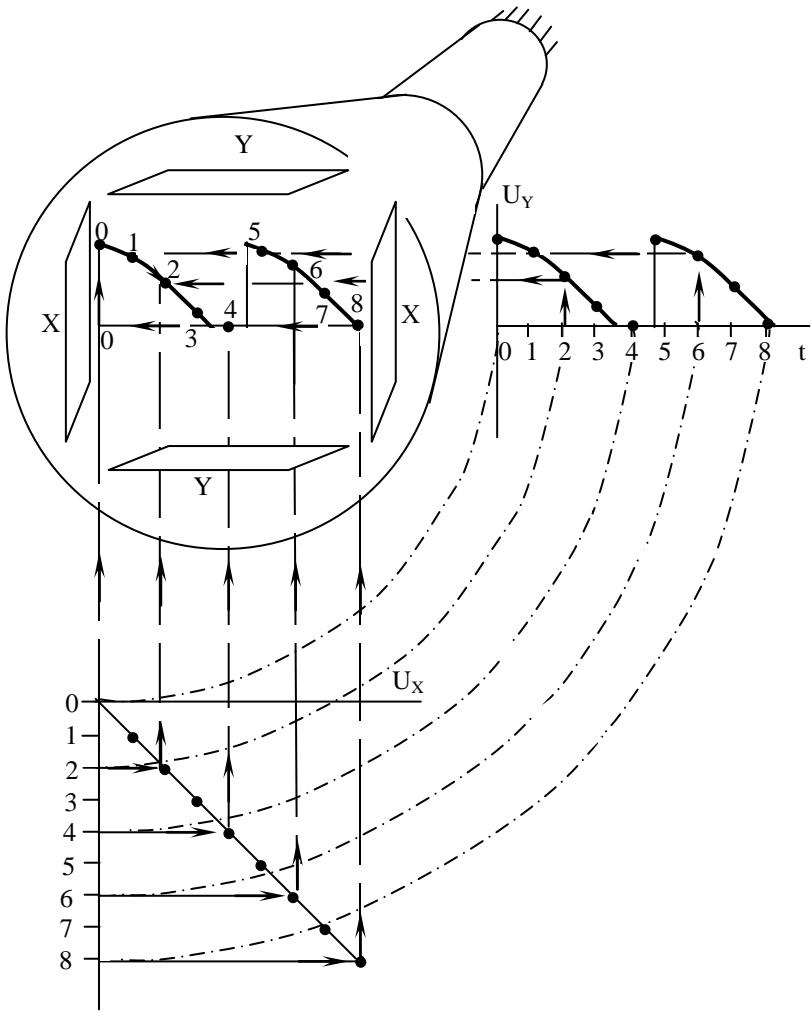


Рис. 1.3. Принцип отримання осцилограми сигналу, що досліджується, з використанням пілкоподібної розгортаючої напруги

Зображення досліджуваного процесу виходить нерухомим, коли частота досліджуваної напруги дорівнює або в ціле число разів більше частоти розгортки (рис. 1.4, а). В іншому випадку початок прямого ходу наступного періоду не співпадає з початком прямого ходу минулого періоду, і осцилограма рухається ліворуч (рис. 1.4, б) або праворуч (рис. 1.4, в) в залежності від співвідношення частот розгортки і досліджуваної напруги. Таким чином безперервна лінійна розгортка осцилографа повинна задовольняти наступним вимогам:

- високій лінійності напруги розгортки;
- можливості зміни частоти розгортки для одержання потрібного масштабу часу, тобто певного співвідношення періодів, а відповідно і частот розгортаючої і досліджуваної напруги:

$$T_p = n \cdot T_Y \text{ або } f_Y = n \cdot f_p - \text{ціле число.}$$

Для додержання постійності потрібної величини n застосовують синхронізацію частоти генератора розгортки частотою досліджуваної напруги або іншою стабільною частотою, яка кратна останній в ціле число.

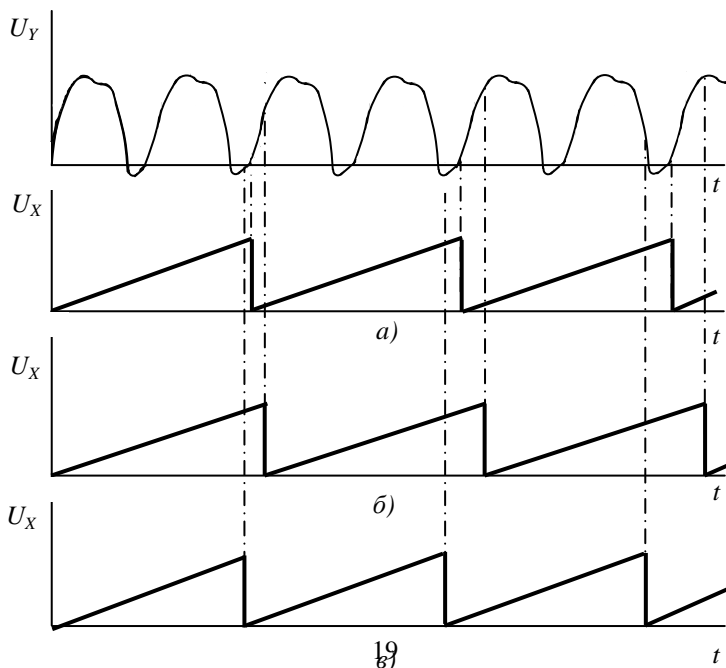


Рис. 1.4. Часові діаграми при наявності (а), та відсутності (б і в) синхронізації напруги розгортки сигналом, що досліджується

Структурна схема електронного осцилографа показана на рис. 1.5.

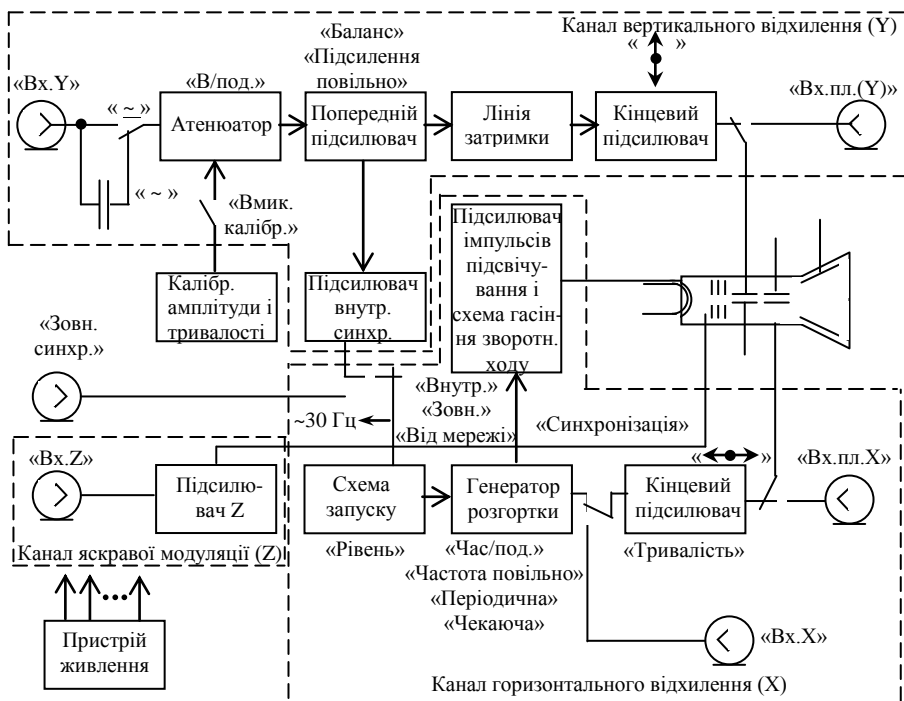


Рис. 1.5. Електрична структурна схема електронно-променевого осцилографа загального призначення

Атенуатор ділить напругу ступенями і має великий вхідний опір і малу вхідну ємність ($R_{BX} = 0,5 - 2 \text{ МОм}$, $C_{BX} = 25 - 40 \text{ пФ}$). Атенуатор складається з резисторів $R_1 R_2 \dots$ і конденсаторів $C_1 C_2 \dots$

(рис. 1.6).

Вхідний каскад в універсальному осцилографі являє собою балансний підсилювач.

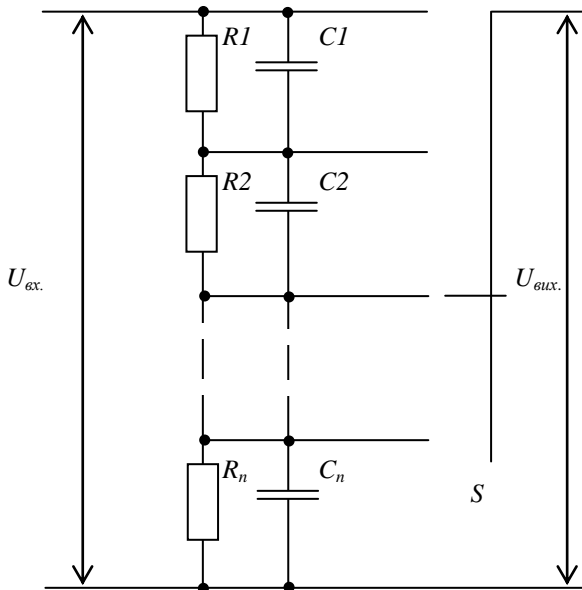


Рис. 1.6. Електрична принципова схема частотно-компенсованого атенюатора

Попередній підсилювач призначений для підсилення досліджуваних сигналів при мінімальних амплітудних, частотних і фазових викривленнях.

Лінія затримки. Ця лінія (побудована у вигляді штучної довгої лінії з багатьох LC -ланок) затримує надходження сигналу на пластини Y до тієї миті, поки на пластинках X не з'явиться напруга розгортки.

Калібратор. Калібратор амплітуди призначений для калібрування масштабу каналу вертикального відхилення при вимірюванні напруги вхідного сигналу. Коефіцієнт відхилення визначається як відношення калібраційної напруги U_K до величини відхилення l променя на

екрані, створеного цією напругою $C_Y = \frac{U_K}{l}$.

Коефіцієнт відхилення виражають у В/под., мВ/под., мкВ/под.

Під чутливістю S_Y розуміють величину, зворотну C_Y .

Вимірювання миттєвих значень напруг, наприклад амплітуди, зводиться з того, що коефіцієнт відхилення приводиться до певних величин, вказаних на передній панелі осцилографа, а далі величина відхилення променю вимірюється на екрані в поділках і помножується на вибране значення вказаного коефіцієнта.

Підсилювач підсвітки і схема гасіння. Імпульси підсвітки повинні співпадати в часі з прямим ходом променю. Установка яскравості виконується від руки, підсвітка або гасіння - автоматично, шляхом подачі з генератора розгортки в коло модулятор-катод імпульсів напруги відповідної полярності. Існує і інший спосіб підсвітки і гасіння осцилограми. Він здійснюється шляхом подачі відповідних імпульсів на додаткові, так звані блокуючі пластини, розташовані у середині електронно-променевої трубки між першим анодом і спеціальною діафрагмою з малим отвором. Імпульс напруги, який прикладається до блокуючої пластини, відхиляє промінь за межі діафрагми.

Схема запуску. Для одержання на екрані нерухомого зображення необхідно, щоб період напруги розгортки був рівним або в ціле число разів більшим, ніж період досліджуваного сигналу. Для здійснення синхронізації в схему генератора розгортки подають спеціальний синхронізуючий сигнал.

1.4. Прилади та обладнання

- універсальний осцилограф;
- досліджуваний пристрій – однофазний двохполуперіодний випрямляч (схема Греця) з активним навантаженням;
- вимірювальний трансформатор напруги.

1.5. Порядок виконання роботи

1. Підготувати осцилограф до роботи, установив органи керування у вихідні положення і виконати перевірку масштабів розгортки по вертикалі і горизонталі. При необхідності відкоректувати їх. Оскільки нас цікавлять також і фазові відношення кількох осцилограм, необхідно використовувати синхронізацію «від мережі», або зовнішню синхронізацію, взявши її, наприклад, від вимірювального

трансформатора напруги.

2. Отримати і накреслити, вказавши масштаби по осях Y та X , сполучені у часі часові діаграми однофазного двохполуперіодного випрямляча (схема Греція) з активним навантаженням наступних величин:

- вхідної напруги (напруги на вторинній обмотці мережевого трансформатора) $U_2(t)$;

- напруг на діодах $VD1$, $VD3$ і $VD2$, $VD4$ протилежних пліч;

- напруги на навантаженні U_H .

Вони повинні мати такий вигляд (рис. 1.7).

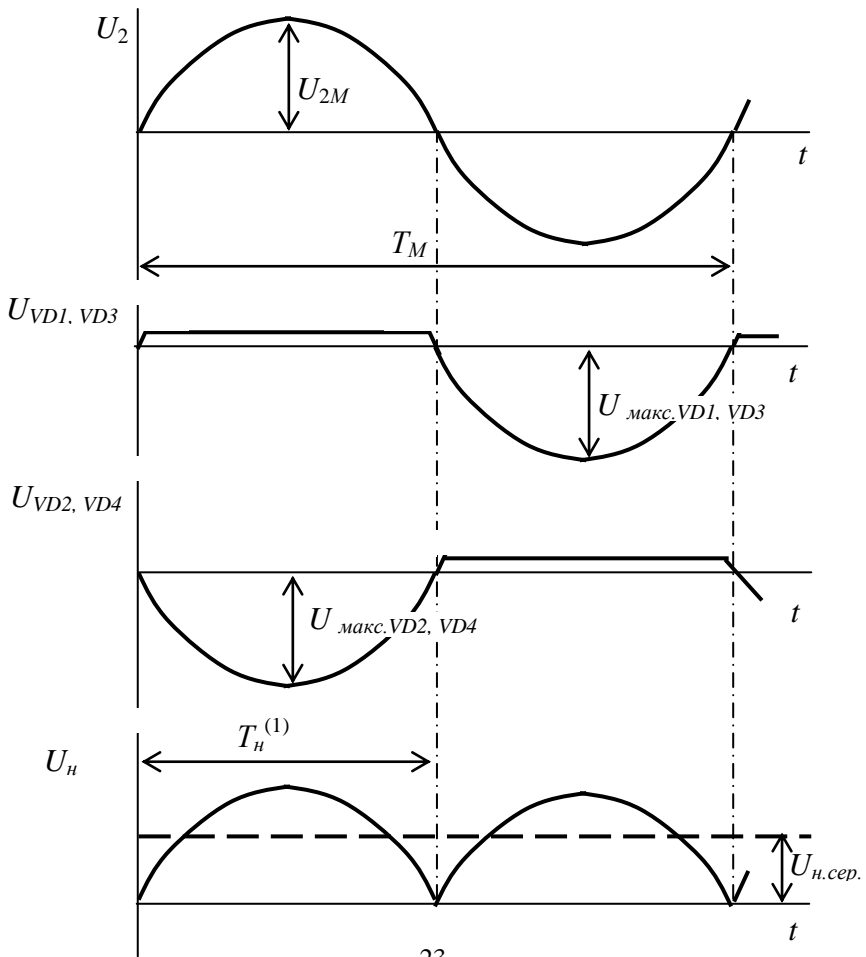


Рис. 1.7. Часові діаграми однофазного мостового випрямляча при його дослідженні

3. Визначити основні параметри випрямляча:

- діюче значення вхідної напруги U_2 ;
- максимальну зворотню напругу на діоді $U_{МАКС.ВДЗБ}$;
- середнє значення напруги на навантаженні $U_{H.CEP.}$;
- середнє значення струму навантаження $I_{H.CEP.}$;
- період напруги мережі T_M ;
- період першої гармоніки випрямленої напруги на навантаженні

$T_H^{(1)}$.

4. Миттєві значення напруг визначаються як добуток відповідного відрізка по вертикалі (в под.) і положення перемикача «В/под.».

5. Середнє значення напруги на навантаженні визначаються аналогічно п. 4 як зсув осцилограми по вертикалі при переході з «відкритого» на «закритий» вхід осцилографа.

6. Середнє значення струму навантаження визначається як

$$I_{H.CEP.} = \frac{U_{H.CEP.}}{R_H},$$

де R_H – опір навантаження ($R_H = 100 \text{ Ом}$).

7. Діюче значення синусоїдальної напруги визначається як

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}.$$

8. Значення певних проміжків часу визначається як добуток відповідного відрізка по горизонталі (в под.), положення перемикача «Час/под.» і положення перемикача «Множник» (якщо він є).

9. Перевірити отримані параметри шляхом визначення розрахункових

відношень $\frac{U_{H.CEP.}}{U_2}$, $\frac{U_{МАКС.VD_{36}}}{U_{H.CEP.}}$. Результати внести до табл. 1.1.

10. Зробити висновки по роботі.

Таблиця 1.1

Дослідні дані та розрахункові відношення

Відношення Значення	$\frac{U_{H.CEP.}}{U_2}$	$\frac{U_{МАКС.VD_{36}}}{U_{H.CEP.}}$
Теоретичне значення для ідеального випрямляча з активним навантаженням	1,11	1,57
Дослідне значення		

1.6. ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Перелік приладів і обладнання.
4. Структурна схема осцилографа.
5. Схема випрямляча.
6. Часові діаграми.
7. Розрахунок основних параметрів випрямляча і таблиця.
8. Висновки.

1.7. Запитання для самоперевірки

1. Перелічіть основні особливості самопишучих приладів.
2. Яка різниця між приладами з крапковим записом і приладів з безперервним записом?
3. Призначення осцилографів.
4. Опишіть будову та призначення вібратора.
5. Яку будову має відмітник часу магнітоелектричного осцилографа?

6. Опишіть головні вузли електронного осцилографа та призначення кожного з них.
7. Чому для горизонтальної розгортки беруть пилкоподібну напругу і як вона утворюється?
8. Як визначають чутливість електронних трубок?
9. Які застосовують люмінофори?
10. Що називається електронною гарматою або електронним прожектором?
11. Від чого залежить форма фігури Лісажу?
12. Опишіть процес розгортання фігури Лісажу.
13. Для чого потрібна синхронізація в електронному осцилографі та як вона здійснюється?
14. Як регулюють фокусування та яскравість в електронному осцилографі?
15. Що і як можна виміряти та спостерігати на електронному осцилографі?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Володарський Є. Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю / Є. Т. Володарський, В. В. Кухарчук, В. О. Поджаренко та ін. // Вінниця: ВДТУ, 2001. – 219 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.
4. Основи метрології та електричних вимірювань. Частина 1: Конспект лекцій / В. В. Кухарчук // Вінниця: ВНТУ, 2020. – 148 с.

ЗМІСТ

1. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	5
2. ВКАЗІВКИ ПО МОНТАЖУ СХЕМ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	7
3. ПРАВИЛА ЗНЯТТЯ ПОКАЗІВ З ПРИЛАДІВ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВІДЛІКУ	9
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8. ВИВЧЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО ОСЦИЛОГРАФА І ПОРЯДКУ РОБОТИ З НИМ	12
1.1. Мета роботи	12

1.2. Підготовка до роботи	12
1.3. Загальні відомості	12
1.4. Прилади і обладнання	22
1.5. Порядок виконання роботи	22
1.6. Зміст звіту	25
1.7. Запитання для самоперевірки	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	26

Навчальне видання

ВИВЧЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО ОСЦИЛОГРАФА І ПОРЯДКУ РОБОТИ З НИМ

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

