

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ**

Кафедра кібербезпеки та DATA – технологій, факультет № 6

МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

дисципліни «Метрологія та вимірювання в сфері захисту інформації»
обов'язкових компонент освітньої програми
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**125 – Кібербезпека та захист інформації (безпека інформаційних та
комунікаційних систем)**

Харків 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023р. № 7

СХВАЛЕНО

Вченою радою факультету № 6
Протокол від 25.08.2023р. № 7

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023р. № 7

Розглянуто на засіданні кафедри кібербезпеки та DATA – технологій,
факультету № 6 протокол від 15.08.2023р. № 8

Розробники:

1. Завідувач кафедри Юрій ГНУСОВ, к.т.н., доцент.
2. Старший викладач кафедри Валерій ПЕРЕСІЧАНСЬКИЙ

Рецензенти:

1. Професор кафедри ОТП НТУ «ХПІ», доктор технічних наук, професор
Кучук Г.А.
2. Професор кафедри ЕОМ ХНУРЕ, доктор технічних наук, доцент
Коваленко А.А.

**1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами
(денна форма навчання)**

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин, відведених на вивчення навчальної дисципліни						Література, сторінки	Вид контролю
	Всього	з них:						
		лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота		
Семестр № 3								
Тема № 1 Основи метрології та вимірювання	46	8			8	30	Л 8,9,10	залік
Тема № 2 Вимірювання параметрів елементів електричних і неелектричних величин.	44	6			8	30	Л 8,9,10	
Всього за семестр № 4:	90	14			16	60		

**2. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами
(заочна форма навчання)**

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин, відведених на вивчення навчальної дисципліни						Література, сторінки	Вид контролю
	Всього	з них:						
		лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота		
Семестр № 3								
Тема № 1 Основи метрології та вимірювання	48	2				40	Л 8,9,10	залік
Тема № 2 Вимірювання параметрів елементів електричних і неелектричних величин.	42				4	44	Л 8,9,10	
Всього за семестр № 4:	90	2			4	84		

3. Методичні вказівки до лабораторних занять

Лабораторна робота № 1

Тема: «Основи фізичних вимірювань».

Ціль: Ознайомлення з принципами вимірювань деяких фізичних величин, їх еталонами та елементами теорії помилок.

Кількість годин __4 год._ **Місце проведення:** навчальна аудиторія. або комп'ютерний клас

Навчальні питання:

1. Вивчення принципу вимірювань деяких фізичних величин.
2. Порівняння технічних характеристик та методик роботи різних типів засобів вимірювання.
3. Підбір засобів вимірювання для вимірів об'ємного тіла правильної геометричної форми.
4. Обчислення середньої, абсолютної і відносної похибок кожного розміру і вимірювання

1 Короткі теоретичні вказівки

Основним методом пізнання, у тому числі і в фізиці, є дослід. Узагальнення результатів дослідів приводить к встановленню універсальних об'єктивних закономірностей - фізичних законів, які встановлюють зв'язок між фізичними величинами. Цей учбовий матеріал було розглянуто на лекції та практичному (2) заняттях.

Таблиця 1 Міжнародна система одиниць СІ.

Одиниці				
Величина	Назва	Позначення		Еталон
Довжина	Метр	м	m	1650763.73 довжин хвилі випромінювання переходу $2p_{10} - 5d_5$ криптону - 86
Одиниці				
Величина	Назва	Позначення		Еталон
Маса	Кілограм	кг	kg	Маса 1.000028 дм^3 води при 4°C
Час	Секунда	с	s	Час 9192631170 періодів випромінювання атома цезію-133
Сила електричного струму	Ампер	А	A	Паралельні струми, що на відстані 1 м взаємодіють з силою $2 \cdot 10^{-7} \text{Н}$

Термодинамічна температура	Кельвін	К	К	1/273,16 частка температури потрійної точки води (0°C)
Кількість речовини	Моль	моль	mol	Кількість речовини, що містить стільки ж структурних елементів, що і 12 г вуглецю-12
Сила світла	Кандела	кд	cd	Випромінювання поверхні платини, що твердіє при визначених умовах

Таблиця 2 Множники для утворення кратних та часткових одиниць у системі СІ.

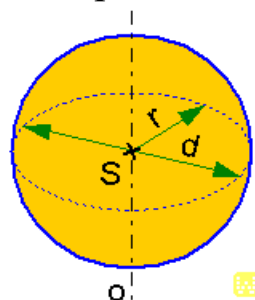
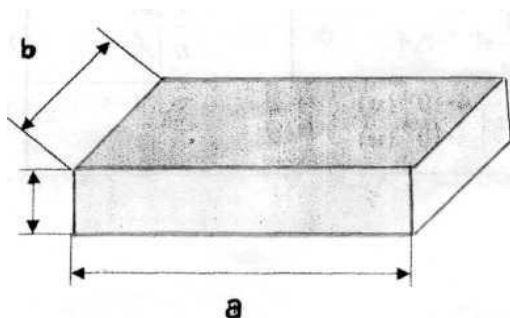
Частка	Префікс, позначення (укр./міжнар.)			Множник	Префікс, позначення (укр./міжнар.)		
10^{-12}	піко	п	p	10^1	дека	да	da
10^{-9}	нано	н	n	10^2	гекто	г	h
10^{-6}	мікро	мк	μ	10^3	кіло	к	k
10^{-3}	мілі	м	m	10^6	мега	М	M
10^{-2}	санті	с	c	10^9	гіга	Г	G
10^{-1}	деци	д	d	10^{12}	тера	Т	T

Таблиця 3 Коефіцієнти Стюдента

n	$\alpha=0.90$	$\alpha=0.95$	$\alpha=0.99$
2	6.31	12.7	63.7
3	2.92	4.30	9.92
4	2.35	3.18	5.84
5	2.13	2.78	4.60
6	2.01	2.57	4.03
7	1.94	2.45	3.71
8	1.89	2.36	3.50
9	1.86	2.31	3.36

2 ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1 Виміряти лінійні розміри об'ємного тіла правильної геометричної форми, замалювати схему вимірів.



2.2 Провести тричі вимірювання та розрахунки, результати занести в таблиці № 4,5.

2.3 Обчислити середні абсолютну і відносну похибки кожного розміру і вимірювання за формулами: $a_{\text{ср.}} = (a_1 + a_2 + a_3) / 3$ (м) – середнє значення розміру; $\Delta a_n = |a_{\text{ср.}} - a_n|$ - абсолютна похибка кожного виміру; $\Delta a = (\Delta a_1 + \Delta a_2 + \dots + \Delta a_n) / n$ – середнє значення абсолютної похибки; $\Delta a / a \cdot 100\%$ – відносні середні похибки вимірювань у відсотках; Використовуючи абсолютні похибки запишемо значення розмірів паралелепіпеда у стандартному вигляді:

$$a = a_{\text{ср.}} \pm \Delta a \text{ (м)}$$

2.4 Визначити об'єм тіла, та його абсолютну і відносну похибки, користуючись формулами: визначення об'єму $V = a \cdot b \cdot c$ (м³);

$$\Delta (a \cdot b \cdot c) = a \cdot b \cdot \Delta c + a \cdot \Delta b \cdot c + \Delta a \cdot b \cdot c \text{ (м}^3\text{)} - \text{абсолютна похибка об'єму;}$$

$$\Delta V = \left(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta c}{c} \right) \cdot 100\% - \text{відносна похибка об'єму}$$

В таблиці № 4, 5 будемо заносити результати середніх значень вимірювань та обчислень.

2.5 Усі обчислення виконати за допомогою програми EXCEL.

2.6 Оформити звіт по роботі, зробити висновок, відповісти на контрольні запитання.

Таблиця № 4 Результати вимірювань.

a довжина (м)	b ширина (м)	c висота (м)	Діаметр кулі (м)

Таблиця № 5 Середні значення вимірювань та обчислень.

Розмір	Значення, м $\times 10^{-4}$	Абсолютна похибка, м $\times 10^{-4}$	Відносна похибка, %	Об'єм, м ³	Абсолютна похибка об'єму, м ³	Відносна похибка об'єму, %
a						
b						
c						

3 ЗМІСТ ЗВІТУ ПО РОБОТІ

3.1 Тема та ціль роботи.

3.2 Необхідні терміни та визначення.

3.3 Основні робочі формули, пояснення до них.

- 3.4 Графічна схема вимірювань.
- 3.5 Данні вимірювань, оформлені у вигляді таблиці.
- 3.6 Розрахунки та їх результати.
- 3.7 Обчислення похибок.
- 3.8 Кінцевий результат, його точність та висновки.

Лабораторна робота № 2

Тема: «Основи вимірювань за допомогою вимірювальних приладів».

Мета занять: Ознайомлення з принципами вимірювань деяких електричних величин, та параметрів радіоелементів за допомогою вимірювальних приладів.

Кількість годин __4 год.__ **Місце проведення:** навчальна аудиторія. або комп'ютерний клас

Навчальні питання:

1. Вивчення принципу роботи, структурної схеми комбінованих вимірювальних приладів для виміру струму, напруги та опору.
2. Порівняння технічних характеристик та методик роботи різних типів комбінованих вимірювальних приладів.
3. Підбір комбінованих вимірювальних приладів для вимірів різних електричних параметрів за зданою схемою.

1. Короткі теоретичні вказівки

1.1 Ампервольтметр-Випробувач транзисторів ТЛ-4М

Прилад (рис. 2-1) призначений для вимірювання постійних струму і напруги, змінних синусоїдальних - струму частотою 50 Гц і напруги частотою 40 ... 15 000 Гц, опору постійному струму і параметрів малопотужних транзисторів.

Основні технічні характеристики

1. Межі вимірювання:

постійного струму - 0 ... 3000 мА;
змінного струму - 0 ... 3000 мА;
постійної напруги - 0 ... 1000 В;
змінної напруги - 0 ... 1000 В;
опору - 0 ... 3;

зворотного потоку переходів колектор - база ($I_{к.0}$) - емітер - база ($I_{к.е}$) і початкового струму колектору $I_{к.н}$ транзисторів - 0 ... 100 мкА;
статичного коефіцієнта посилення транзисторів по струму - 0 ... 500.

2. Похибки вимірювання:

постійного струму на межах: 0,1; 0,3; 1 і 3 мА - не більше $\pm 2,5\%$, 30, 300 і 3000 мА - не більше $\pm 4\%$;

змінного синусоїдального струму частотою 50 Гц, постійної напруги і змінної синусоїдальної напруги – не більше $\pm 4\%$;

опору - не більше $+ 2,5\%$;

параметрів транзисторів (крім коефіцієнта) - не більше $+ 2,5\%$.

3. Робоче положення приладу - горизонтальне. Прибудови вимірювань приладу: змінного струму - 0 ... 3000 мА;

постійної напруги - 0 ... 1000 В;

змінної напруги - 0 ... 1000 В;

опору - 0 ... 3;

зворотного потоку переходів колектор - база (Ік.0) - емітер - база (Ік.е) і початкового струму колектору Ік.н транзисторів - 0 ... 100 мкА; статичного коефіцієнта посилення транзисторів по струму - 0 ... 500.

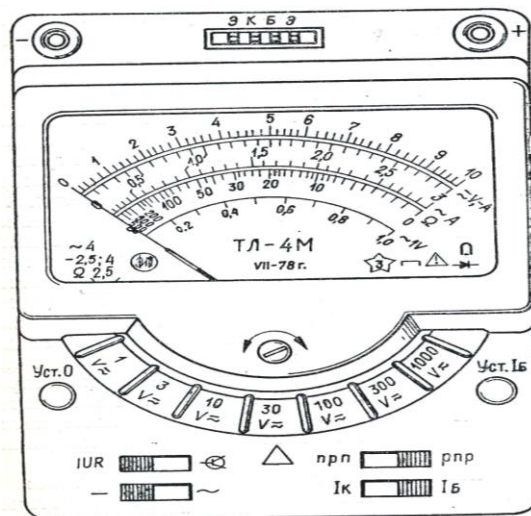


Рис.2-1 Зовнішня панель приладу ТЛ-4М

Робота з приладом.

При підключенні транзисторів з метою перевірки їх параметрів потрібно робити це в суворій відповідності з маркуванням затискачів на зовнішній панелі приладу.

Для вимірювання струму і напруги перемикач виду роботи необхідно встановити в положення «IUR», перемикач роду струму - в положення, відповідне роду вимірюваного струму або напруги, дисковий перемикач - на необхідну межу вимірювання. Для вимірювання змінного струму служить шкала, позначена «~ А».

Для вимірювання опору потрібно:

1. Після встановлення одного з щупів приладу в гніздо «-», а іншого в гніздо «+», замкнути вільні кінці щупів і обертанням ручки «Уст. О »І добитися установки стрілки індикатора на нульову позначку шкали «Ω».

2. Кінці щупів розімкнути, підключити до них вимірюваний опір і провести відлік за шкалою омметра. Під час вимірювання опору на межі « $\times 10000$ » до гнізд «-» і «+» приладу потрібно підключити додаткове дже-рело постійної напруги 24 ... 30В і, встановити стрілку індикатора за допомогою

ручки «Уст.0» на нуль шкали омметра, від'єднати джерело від гнізда «+», включивши опір, який вимірюється між цим гніздом і джерелом. Щоб визначити опір, показання приладу слід помножити на 10 000.

1.2. Ампервольтметр-випробувач транзисторів Ц4341

Прилад (рис. 2-2) призначений для вимірювання постійних і змінних струму і напруги, опору постійному струму і параметрів транзисторів.

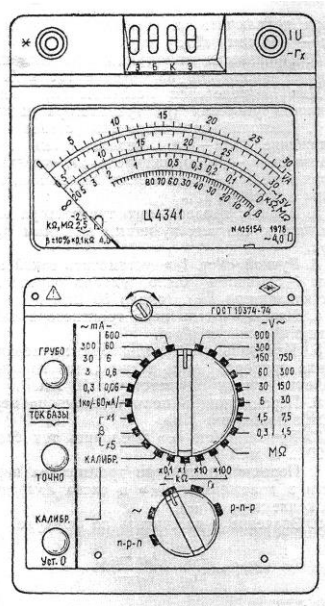


Рис. 2-2. Зовнішня панель приладу Ц4341

Основні технічні характеристики

1. Межі вимірювання:

постійного струму - 0 ... 600 мА; постійної напруги - 0..900 В;

змінного струму - 0 ... 300 мА; змінної напруги - 0 ... 750;

опору - 0 ... 5000 кОм;

зворотного потоку переходів колектор - база ($I_{к.о}$ емітер - база ($I_{е.о}$) і

початкового струму колектору ($I_{к.н}$) транзисторів - 0 ... 60 мкА;

статичного коефіцієнта посилення транзисторів по струму (β) в схемі з загальним емітером - 10 ... 350

2. Похибки вимірювання:

постійних струму і напруги - не більше $\pm 2,5\%$;

змінних струму і напруги - не більше $\pm 4\%$;

опору - не більше $\pm 2,5\%$ шкали омметра, а межі «х 0,1 до - Ω , не більше $\pm 10\%$;

параметрів транзисторів (крім коефіцієнта посилення) - не більше $\pm 2,5\%$;

3. Робоче положення приладу - горизонтальне.

Робота з приладом.

Для вимірювання струму необхідно:

1. Перемикач виду роботи встановити в положення «-» при вимірюванні постійного струму або в положення «~» при вимірюванні змінного струму.
2. Підключити вимірювальний ланцюг до гнізд приладу «*» і «I, V, rx».
3. Перемикач меж вимірювання встановити в положення, відповідним значенням вимірюваного струму.
4. Відлік показань приладу провести за шкалою з позначенням «-» при вимірюванні постійного струму або за шкалою з позначенням «~» при вимірюванні змінного струму.

Для вимірювання напруги необхідно виконати п. п. 1-4 вимірювання струму.

Для вимірювання опору треба:

1. Перемикач виду роботи встановити в положення «rx».
2. Перемикач меж вимірювання встановити в положення « $\times 0,1$ », « $\times 1$ », « $\times 10$ » або « $\times 100$ » в залежності від очікуваного значення вимірюваного опору.
3. При вимірі опору на межі «M Ω » джерелом живлення служить зовнішня батарея напругою 33 ... 43 В.

Для вимірювання параметрів $I_{к.о}$ і β транзисторів необхідно:

1. Перемикач меж вимірювання встановити в положення "Калібр.", Виключивши тим самим можливість подачі напруги на підключений транзистор.
2. Ручки «струм бази» («Грубо» і «Точно»), «Уст. Про - Калібр. » повернути в ліве крайнє положення (проти годинникової стрілки).
3. «Лапки» транзистора підключити до відповідних затискачів приладу.
4. Перемикач виду роботи встановити в положення «р-п-р» або «п-р-п» в залежності від типу транзистора.

1.3 Цифровий мультиметр DT- 830 В

Основна характеристика.

Мультиметр типу М-83 - це серія компактних електричних мультиметрів які призначені для вимірювання DC(=) і AC(~) напруги, DC струму, опору і діода. (Рис.2-3).

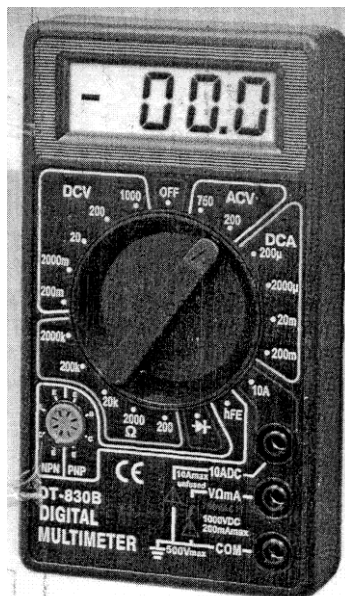


Рис.2-3 Цифровий мультиметр DT- 830 В

Дані пристосування М-83 забезпечені повним захистом від напруги і можуть використовуватися в лабораторіях, у виробництві і домашніх умовах.

Технічні характеристики правила роботи з приладом.

1. Перемикач приладу використовується для вибору потрібної функції, а також для того, щоб вмикати апарат, тим самим забезпечивши тривалість роботи джерела живлення (батарейки). Для цього вимикач повинен був у позиції "OFF", коли інструмент не використовується.

2. Дисплей - 7 сегментів, 0.5 висота LCD

Робота з приладом.

Вимірювання напруги і струму

1. До «гнізда (COM)» підключається чорний (негативний) кінець дроту, а до «гнізда $V\Omega mA$ » - червоний (позитивний) для вимірювань всіх напруг, опорів і струму (крім струму = 10 A).

2. До «гнізда (10 A)» підключається червоний провід для вимірювань струму в 10 A.

3. Встановити перемикач на бажаній DVC позиції; якщо вимірювана напруга заздалегідь невідомо, треба поставити вимикач на найвищу межу і знизуйте його до задовільних показань приладу.

4. З'єднати троти з вимірюваним механізмом / приладом або ланцюгом, включити прилад або ланцюг, і величина / значення напруги з'явиться на електронному дисплеї поряд з полярністю напруги. Результат вимірювань фіксується на дисплеї (шкалою) приладу.

5. При вимірюванні постійного струму і напруги бажано дотримуватись полярності підключення сполучних проводів приладу.

6. Вимірювання опорів проводиться при положенні перемикача в положенні від «200 Ω до 2000 ком».

Вимірювання транзисторів.

1. Вимірювання проводиться в положенні **hFE**.

2. «Лапки» транзистора вставляються в потрібні отвори «гнізда» **NPN / PNP** на передній панелі приладу.

3. Лічильник покаже приблизне значення **hFE** за умови, що основний струм складає 10 mA і V_{ce} 2,8V.

Даний пристрій М-830 забезпечений повним захистом від напруги і може використовуватися в лабораторіях, у виробництві і домашніх умовах.

2. ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1 Виміряти постійну і змінну напругу, та надані резистори різними приладами, результати занести в таблицю і розрахувати усереднене значення та похибки вимірів.

Елемент виміру виміри	аналоговий прилад	мультиметр	електронний прилад	усереднене значення	похибка виміру
резистор					
постійна напруга					
змінна напруга					

2.2 Обчислити середні абсолютну і відносну похибки кожного виміру.

Формули розрахунків та порядок їх виконання приведено в ЛР-1.

2.3 Усі обчислення виконати за допомогою програми EXCEL.

2.4 Оформити звіт по роботі, зробити висновок.

Література, методичне та матеріально-технічне забезпечення проведення лабораторних занять:

1. Трофімова Т.І. Курс фізики. – «Вища школа», 2014.
2. Метрологія та вимірювання: навчальний посібник / Ю.В. Гнусов, В.В. Тулупов, В.М. Пересічанський: Харк. нац. ун-т внутр. справ, 2019. – 125 с.
3. Головка Д.Б., Рєго К.Г., Скрипник Ю.О. Основи метрології та вимірювань – Київ: Либідь, 2020. – 408с.
4. Захаров І.П., Боцюра О.А. Метрологія та вимірювання: методичні вказівки до практичних занять і лабораторних робіт. Харків: ХарДАЗТ, 2020.- 60с.
5. Захаров І.П. Обробка результатів вимірювань: Навч. посіб. – Харків: ХарДАЗТ, 2021. – 126с.
6. Різноманітні фізичні тіла для обміру, засоби вимірів.
7. Технічний опис приладів ТЛ - 4М, Ц4341, DT- 830 В
8. Прилади ТЛ - 4М, Ц4341, DT- 830 В

Лабораторна робота №3

Тема заняття: Дослідження процесів в електричному колі синусоїдального струму.

Навчальна мета заняття: Визначення параметрів електричних коливань по їх осцилограмам. Використання методів комп'ютерного моделювання для розрахунку схеми у пакеті Electronic Workbench.

Кількість годин: 4

Місце проведення: згідно з розкладом.

Навчальні питання:

Вступ.

1. Загальні відомості про синусоїдальний струм та його характеристики.
2. Вимірювання параметрів синусоїдальної напруги за допомогою осцилографа.
3. Вимірювання різниці фаз напруги.

Висновки

Література: [1, 2, 3, 6]

Короткі теоретичні вказівки

1. Загальні відомості про синусоїдальний струм та його характеристики

Найбільш загальним є поняття змінного струму. Дано визначення змінного струму. Змінним струмом називають струм, який змінюється з плином часу. Це визначення відноситься також до змінних напруг і ЕРС.

Значення змінного струму в даний момент часу називають його миттєвим значенням (миттєвим струмом). Для позначення миттєвого струму, напруги, ЕРС застосовують малі літери латинського алфавіту: i , u , e . Для того щоб підкреслити, що змінний струм, напруга і ЕРС є функціями часу, їх іноді позначають як $i(t)$, $u(t)$, $e(t)$.

Змінні струми можуть бути періодичними і неперіодичними. Періодичним називають струм, миттєві значення якого повторюються через рівні проміжки часу.

Періодом змінного струму T називають найменший проміжок часу, після закінчення якого миттєві значення періодичного струму повторюються. Період вимірюють у секундах (с). Для періодичної функції справедливо:

$$i(t) = i(t \pm T).$$

Переважає вид періодичного процесу в електричних колах з синусоїдальний режим, який характеризується тим, що всі напруги і струми є синусоїдальними функціями. Синусоїда являє собою найпростішу періодичну функцію і має такий вигляд і параметри (рис.1):

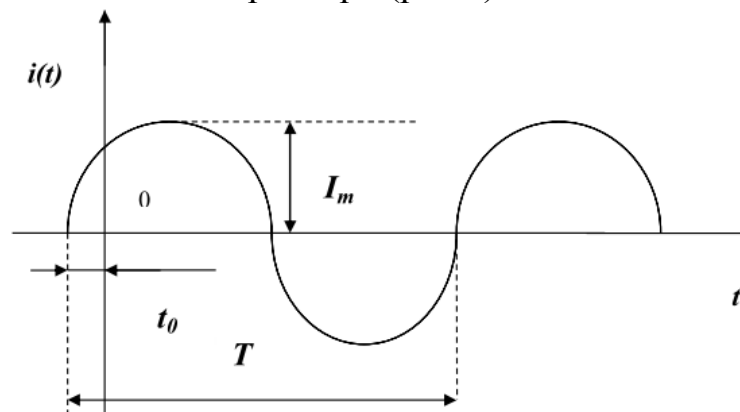


Рис. 1. Періодична синусоїдальна функція

Частотою змінного струму f називають величину, зворотну періоду. Частота позначається латинською літерою f :

$$f = 1 / T$$

Частота показує, яке число коливань здійснює змінний струм протягом однієї секунди. Частота вимірюється в герцах (Гц). Один герц відповідає одному коливанню в секунду.

Аналітичний запис синусоїдального струму має вигляд:

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi)$$

де I_m - амплітуда струму;

ω - кутова частота;

ψ - початкова фаза.

Амплітуда струму I_m – це його найбільше значення за абсолютною величиною.

Кутова частота ω – це швидкість зміни фази струму, рівна частоті синусоїдального струму, помноженої на 2π

$$\omega = 2\pi f = 2\pi / T \text{ рад/с}$$

Фаза струму, або фазовий кут $\varphi(t)$ - це аргумент синусоїдального струму, що визначає стадію зміни синусоїдальної величини:

$$\varphi(t) = \omega t + \psi,$$

де ψ початкова фаза - значення фази синусоїдального струму в початковий момент часу (при $t = 0$);

ωt - миттєва (залежить від часу) фаза.

При графічному зображенні синусоїдального струму по горизонтальній осі відкладають час t (рис. 1) або миттєву фазу ωt (рис. 2).

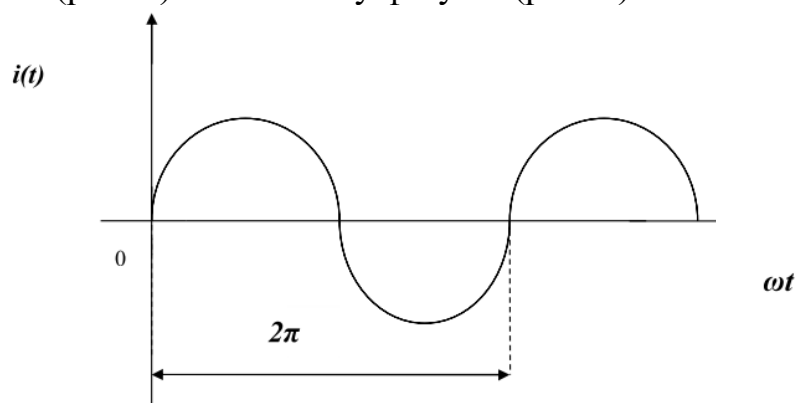


Рис. 2. Періодична синусоїдальна функція

За наявності кількох синусоїдальних функцій, що змінюються з однаковою частотою, початкові фази яких різні, то кажуть, що вони зміщені одна відносно іншої по фазі.

Зсув фаз - це алгебраїчна величина, що дорівнює різниці початкових фаз.

Наприклад, для струму і напруги, зображених на рис. 3,

$$\Delta\varphi = \psi_u - \psi_i.$$

Якщо $\Delta\varphi > 0$ - напруга випереджає по фазі струм. Якщо $\Delta\varphi < 0$, то напруга відстає по фазі від струму. Якщо $\Delta\varphi = 0$, то напруга і струм збігаються по фазі (синфазні).

Якщо $\Delta\varphi = \pi$, то напруга і струм знаходяться в протифазі.

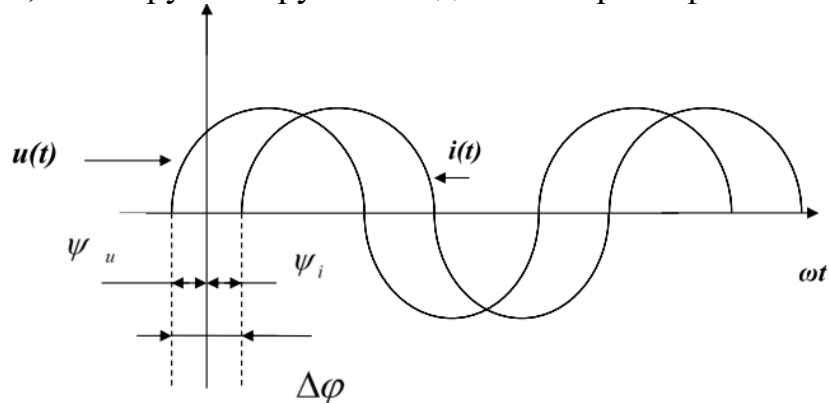


Рис. 3. Зсув фаз електричних коливань

Виконання роботи

Система схемо технічного моделювання Electronics Workbench призначена для моделювання та аналізу електричних схем. При виконанні лабораторної роботи для формування схеми досліджень необхідні: джерело змінної напруги AC Voltage Source, осцилограф, заземлення, а також з'єднувальні елементи.

2. Вимірювання параметрів синусоїдальної напруги за допомогою осцилографа

2.1 Відкрийте програму Electronics Workbench. Схема досліджуваного електричного кола має такий вигляд (рис. 4):

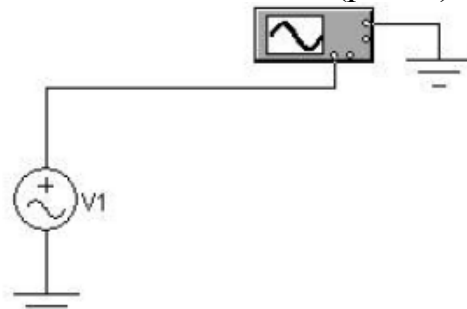


Рис. 4. Схема досліджуваного електричного кола

2.2. Перенесіть необхідні елементи з заданої схеми на робочу область **Electronics Workbench**. Для цього необхідно вибрати розділи на панелі інструментів (Instruments, Sources), в яких знаходяться потрібні вам елементи, потім перенести їх на робочу область (клацнути мишею на потрібному елементі і, не відпускаючи кнопки, перенести в потрібне місце схеми). Перенесіть джерело змінної напруги, осцилограф, заземлення.

2.3. З'єднайте контакти елементів і розташуйте елементи в робочій області для одержання необхідної вам схеми. Для з'єднання двох контактів

необхідно клацнути по одному з контактів основною кнопкою миші і, не відпускаючи клавішу, довести курсор до другого контакту. **Зарисуйте схему досліджуваного кола в звіт.**

2.4. Отримайте на екрані осцилографа осцилограму напруги джерела, для чого натисніть кнопку включення живлення на панелі інструментів (рис. 5) і через 2-3 секунди вимкніть її.



Рис. 5. Кнопка включення живлення

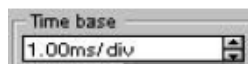
Двічі клацніть на зображенні осцилографа і на зображенні, що з'явилося на передній панелі осцилографа, натисніть кнопку **Expand**.

У вікнах **Channel A**, **Channel B** передній панелі осцилографа, що з'явилася, натисніть кнопки DC.

За допомогою зміни значень коефіцієнтів відхилення по вертикалі



і по горизонталі



досягніть, щоб розмах синусоїди по вертикалі склав не менше 2/3 екрану, а по горизонталі розташувалося 1-2 періоду. Зображення на екрані осцилографа називається осцилограмою. Перемістіть движок смуги прокрутки зображення (знаходиться під екраном осцилографа) в крайнє ліве положення. **Зарисуйте осцилограму в звіт по лабораторній роботі.**

2.5. Визначте за допомогою осцилографа період коливання. Використовуйте червону і синю візирні лінії. Для визначення періоду відзначтез їх допомогою початок і кінець періоду. У вікні дисплея прочитайте значення T2-T1, що відповідає значенню періоду. За величиною періоду розрахуйте значення частоти коливання. Порівняйте результат розрахунку і встановлене на джерелі значення.

T2-T1	6.6667 ms
VA2-VA1	10.5159 pV
VB2-VB1	

2.6. Для визначення амплітуди вирівняйте червону візирну лінію з точкою осцилограми, відповідної амплітуди коливання. У вікні індикації в рядку VA1 прочитайте значення амплітуди коливання.

T1	1.3150 s
VA1	11.8193 V
VB1	

2.7. Порівняйте результат вимірювання амплітуди з встановленим на джерелі значенням. **Запишіть результати вимірювань в звіт. Зробіть висновки за результатами вимірювань.**

Примітка. У вікні **Voltage (V)** джерела вказано діюче значення напруги

$$U_d = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

2.8. Змініть значення параметрів джерела змінної напруги відповідно до табл.№1

Таблиця №1

Номер варіанта	1, 16	2, 17	3, 18	4, 19	5, 20	6, 21	7, 22	8, 23	9, 24	10, 25	11, 26	12, 27	13, 28	14, 29	15, 30
<i>Frequency,</i> <i>Hz</i>	10	20	30	40	50	60	70	80	30	90	100	110	120	130	140
<i>Amplitude,</i> <i>V</i>	15	14	13	12	11	10	9	8	10	7	6	5	4	3	2
<i>Phase,</i> <i>Deg</i>	90	180	270	90	180	270	90	180	270	90	180	270	90	180	270

Повторіть вимірювання (п.п. 2.5-2.7).

Запишіть результати вимірювань в звіт. Відзначте, як вплинула зміна початкової фази сигналу джерела на положення осцилограми на екрані осцилографа.

3. Вимірювання різниці фаз напруги.

Для формування схеми досліджень необхідні: джерело змінної напруги AC Voltage Source, осцилограф, резистор, конденсатор, заземлення, а також з'єднувальні елементи.

Схема досліджуваного електричного кола має такий вигляд (рис. 6).

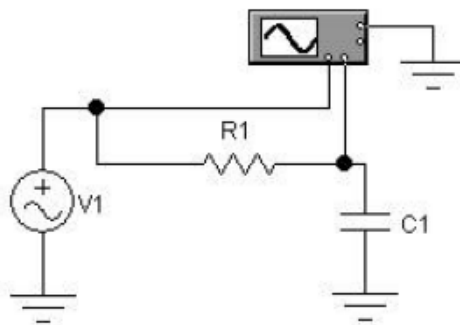


Рис. 6. Схема досліджуваного електричного кола

3.1. Доповніть досліджуване коло резистором і конденсатором.

3.2. З'єднайте контакти елементів і розташуйте елементи в робочій області для одержання необхідної вам схеми. **Зарисуйте схему досліджуваного кола в звіт.**

3.3. Промаркіруйте з'єднувальні дроти, для чого встановіть вказівник миші на провідник, ведучий на лівий вхід осцилографа (вхід A), і клацніть правою клавішею. У меню виберіть опцію **Wire Properties** і у вікні виберіть червоний квадрат. Натисніть ОК. Аналогічно виділіть синім кольором провідник, що веде на другий вхід осцилографа. Тепер осцилограми двох одночасно спостережуваних сигналів матимуть різні кольори.

3.4. Встановіть параметри джерела змінної напруги відповідно номеру

варіанта (табл. №1) і занесіть дані в звіт.

3.5. Параметри елементів встановіть відповідно до табл. 2.

Таблиця №2

Номер варіанта	1, 16	2, 17	3, 18	4, 19	5, 20	6, 21	7, 22	8, 23	9, 24	10, 25	11, 26	12, 27	13, 28	14, 29	15, 30
r , Ом	100	150	200	300	50	150	125	20	50	100	200	150	50	75	25
C , мкФ	55	30	100	25	150	80	125	60	40	30	75	50	50	15	100

3.6. Отримайте осцилограми напруги і замалуйте їх до звіту.

3.7. Визначте різницю фаз напруги. Для цього визначте, яку частину періоду становить відрізок по осі часу, відповідний різниці фаз двох коливань. З огляду на те, що за період фаза змінюється на 360 градусів, розрахуйте різницю фаз.

3.8. Запишіть результат у звіт.

Контрольні питання

1. Як визначити амплітуду коливання за його осцилограмою ?
2. Як визначити кутову частоту коливання за його осцилограмою ?
3. Як визначити різницю початкових фаз коливань по їх осцилограмам ?
4. Як впливає зміна частоти коливання на його осцилограму?
5. Як впливає зміна початкової фази коливання на його осцилограму?

Лабораторна робота №4

Тема заняття: Вивчення принципу роботи нелінійного локатора.

Навчальна мета заняття: Вивчення принципу роботи нелінійного локатора на основі моделювання схеми заміщення в середовищі програми Electronics Workbench.

Кількість годин: 4

Місце проведення: згідно з розкладом.

Навчальні питання:

Вступ.

1. За допомогою мережі Internet вивчити призначення, загальні принципи дії нелінійних локаторів.

Висновки

Література: [1, 2, 3, 6]

Завдання для виконання:

1. Отримати графіки сигналів на передавачі та приймачі нелінійного локатора (НЛ) для елементів с ВАХ хибного та напівпровідникового з'єднань.
2. Порівняти отримані характеристики сигналів.
3. Зняти спектри амплітуд гармоніки сигналів, відбитих від напівпровідникових елементів з несиметричною та симетричною ВАХ.
4. Порівняти чисельну амплітуду другої та третьої гармоніки відбитих сигналів від нелінійних елементів з несиметричною та симетричною ВАХ і

зробити висновки по причині різниці відношень в першому та в другому випадках.

5. Оформити звіт по лабораторній роботі.

Порядок проведення роботи:

1. Запустити програму EWB.
2. Зробити схему дослідження, згідно рис. 1.
3. Включити симулятор. Для спостереження сигналів локатора відкрити вікно осцилографа, обидва канали осцилографа перевести в режим «АС».
- 4.

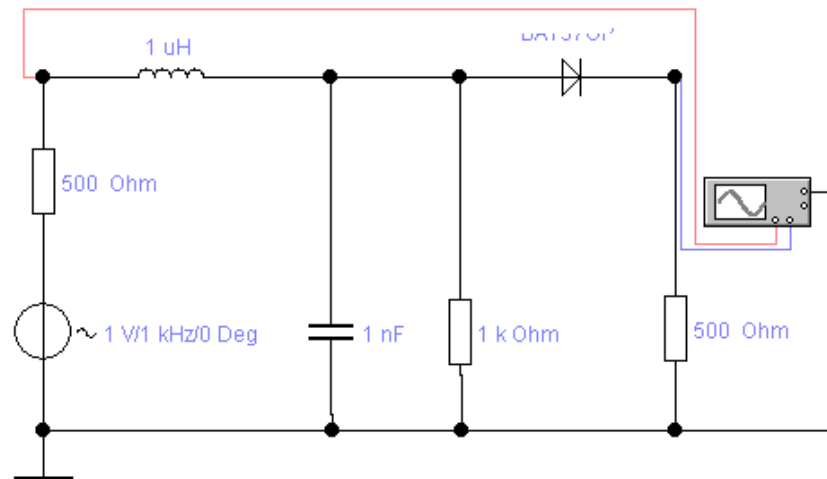


Рис. 1. Еквівалентна схема заміщення НЛ для р-п-переходу.

Примітка. В схемі симетрична ВАХ нелінійного елемента сформована зустрічно-паралельним з'єднанням двох діодів.

4. При натисканні на кнопку «В/А» виводиться ВАХ напівпровідникового пристрою (рис. 3).

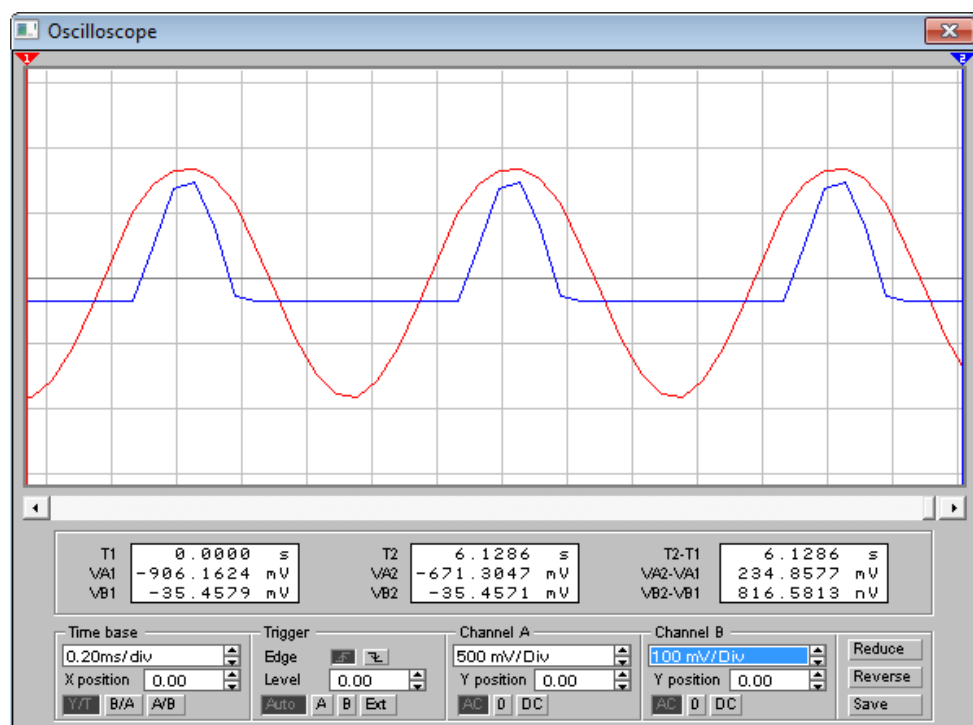


Рис. 2. Діаграми вихідного і вхідного сигналів локатора

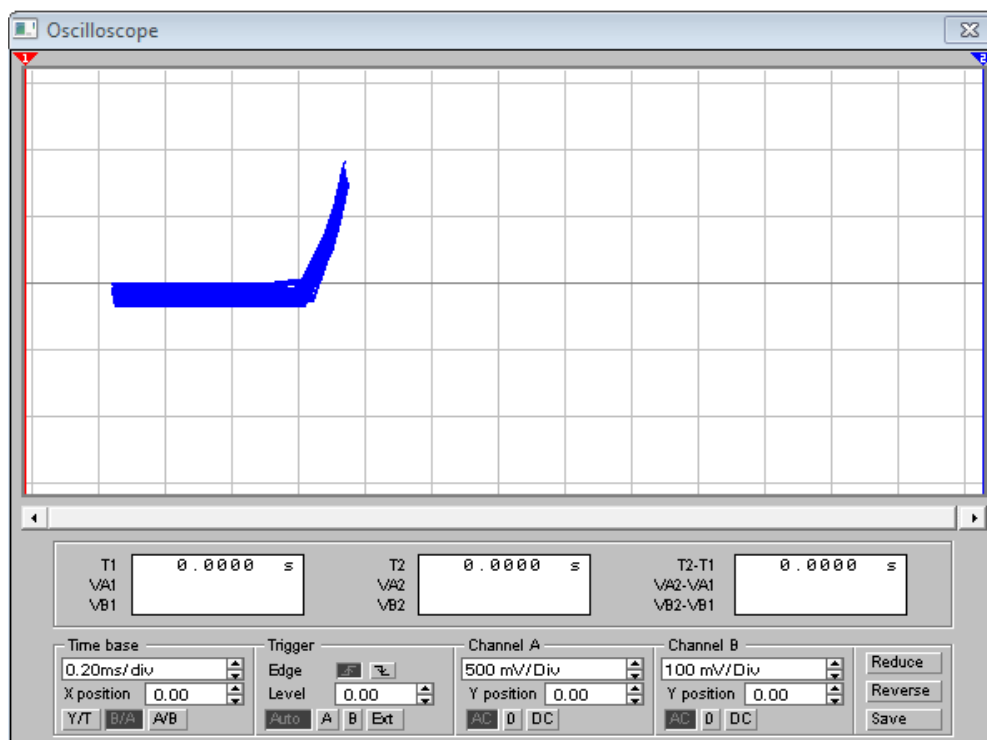


Рис. 3. ВАХ напівпровідникового діоду

5. Після отримання ВАХ закрити осцилограф і зайти в меню Analysis —> Fourier —> —◆Simulate

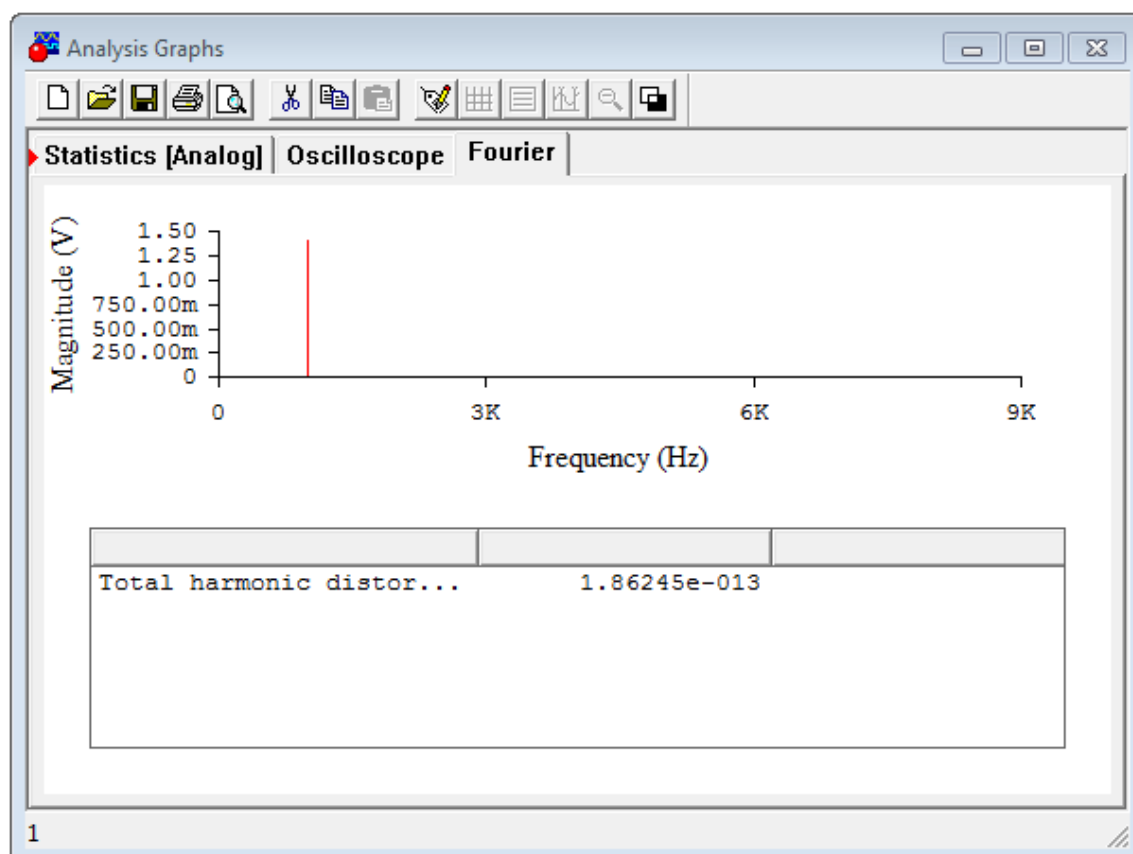


Рис. 4. Спектр амплітуд сигналу від напівпровідникового з'єднання

6. Оформити звіт, в якому:

- привести завдання для лабораторної роботи;
- привести результати експериментів згідно завданню;
- зробити висновки;
- відповісти на контрольні запитання.

Контрольні запитання:

1. Наведіть визначення нелінійного елемента та назвіть декілька видів нелінійних об'єктів.

2. Охарактеризуйте принцип нелінійної локації?

3. Охарактеризуйте основні характеристики нелінійних радіолокаторів.

4. Чому у відбитому сигналі від нелінійного елемента з р-п-переходом домінує друга гармоніка?

5. Як залежить потужність сигналу, відбитого від об'єкта, від частоти локатора?

Охарактеризуйте причини що викликають помилкове спрацювання нелінійного локатора