

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни
“Основи технологій захисту навколишнього середовища”
ч.2 Системи та прилади контролю параметрів довкілля

Спеціальність - “Технології захисту навколишнього середовища”
Рівень вищої освіти : бакалавр

Затверджено
на засіданні групи
забезпечення спеціальності
Протокол № 9
від « 15 » 04 2021р.

Одеса 2021

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Основи технологій захисту навколишнього середовища” (ч.2 Системи та прилади контролю параметрів довкілля) для студентів спеціальності “Технології захисту навколишнього середовища”, рівень вищої освіти : бакалавр. Одеса, ОДЕКУ, 36 с. укр. мова.

Укладач: Курятников В.В., доцент кафедри загальної та теоретичної фізики, канд. фіз.-мат. наук.

Зміст

	с.
Вступ	5
1. Лабораторна робота №1. ЕЛЕКТРИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ НА СТЕНДІ УНДС.	6
1.1. Вивчення універсального навчально-дослідного стенду УНДС	6
1.2 Експериментальна частина	8
Вправа 1 . ВИВЧЕННЯ РОБОТИ СТЕНДУ УНДС. ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ РЕЗИСТОРІВ	8
Вправа 2. ВИЗНАЧЕННЯ ІНДУКТИВНОСТІ КОТУШКИ	9
Контрольні питання	
2. Лабораторна робота №2 ВИМІРЮВАННЯ НА СТЕНДІ УНДС ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛОГРАФА	10
Вправа 1. ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛОГРАФА	10
Вправа 2. ВИЗНАЧЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ОСЦИЛОГРАФА	11
Вправа 3 . ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ ЗМІННОГО СТРУМУ ЗА ДОПОМОГОЮ ОСЦИЛОГРАФА	11
Контрольні питання	11
3. Лабораторна робота №3. ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛИВАНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛОГРАФА	12
3.1 Теоретична частина .	12
3.1.1 Складання коливань в одному напрямку	12
3.1.2 Складання взаємно перпендикулярних коливань	13
3.2 Експериментальна частина	13
Вправа №1 ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ТА ПЕРІОДУ БИТТЯ	13
Вправа №2 ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТ ЗА ФІГУРАМИ ЛІССАЖУ	14
Контрольні питання	14
4. Лабораторна робота №4 ДОСЛІДЖЕННЯ КОНДЕНСАТОРІВ	15
4.1 Теоретична частина	15
4.2 Експериментальна частина	17
Вправа 1. ВИМІРЮВАННЯ ЄМНОСТІ КОНДЕНСАТОРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МІСТКА СОТТІ	17
Вправа 2. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСУ У КОЛИВАЛЬНОМУ КОНТУРІ	18
Вправа 3. ВИЗНАЧЕННЯ ЄМНОСТІ КОНДЕНСАТОРА РЕЗОНАНСНИМ МЕТОДОМ	19
Контрольні питання	20
5. Лабораторна робота №5. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ МАСШТАБНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ	20
Вправа 1. ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ШУНТА	21
Вправа 2. ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ РЕЗИСТИВНОГО	

ПОДІЛЬНИКА НАПРУГИ	22
Контрольні питання	22
6. Лабораторна робота №6. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЦИНТИЛЯЦІЙНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ	22
6.1 Теоретична частина	22
6.2 Опис лабораторної установки	25
6.3 Порядок виконання роботи. Підготовка приладу до роботи	25
Вправа 1. ВИЗНАЧЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ПРИЛАДУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВІДСТАНІ "ДЖЕРЕЛО - ДЕТЕКТОР".	26
Контрольні питання	26
7. Лабораторна робота №7. Дозиметричні прилади. Вимірювання доз та потужності дози випромінювання.	26
Вправа 1. ВИЗНАЧЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ	29
Вправа 2. ВИЗНАЧЕННЯ МЕРТВОГО ЧАСУ ЛІЧИЛЬНИКА	29
Вправа 3. ВИМІРЮВАННЯ ЩІЛЬНОСТІ ПОТОКУ БЕТА-ЧАСТИНОК	29
Контрольні питання	30
8. Лабораторна робота №8. Знайомство з роботою фізичних лабораторних комплексів УНІПРО, БОРДО	30
8.1 Багатофункціональний вимірювальний комплекс УНІПРО	30
Вправа 1. Дослідження електромагнітних коливань	32
8.2 Цифровий осцилограф BORDO-221	35
Контрольні питання	36
ЛІТЕРАТУРА	36

Вступ

Методичні вказівки спрямовані на поліпшення засвоєння студентами матеріалів дисципліни “Основи технологій захисту навколишнього середовища” частина 2 (Системи та прилади контролю параметрів довкілля). В них розглядаються питання, що стосуються вимірювальних систем та приладів контролю параметрів довкілля, зокрема контролю радіаційного забруднення.

Мета цих методичних вказівок полягає у придбанні вмінь та навичок у роботі з вимірювальними приладами та обладнанням для контролю параметрів навколишнього середовища, зокрема його радіаційного забруднення. Задачі лабораторних робіт співпадають із задачами програми дисципліни та теоретичного курсу “Системи та прилади контролю параметрів довкілля”. Виконання лабораторних робіт знайомить студентів з основними поняттями і визначеннями метрології в частині вимірювальної техніки, методів вимірювань і похибки засобів вимірювань, з основними принципами роботи промислових приладів і засобів автоматизації.

Лабораторні роботи виконуються на матеріальній базі кафедри загальної та теоретичної фізики, лабораторії якої обладнані універсальними навчально-дослідними стендами УНДС та всіма необхідними вимірювальними приладами (осцилографи, генератори, цифрові вольтметри та ін.), а також сучасними інформаційно-вимірювальними системами - УНІПРО, БОРДО та ін. У межах можливостей лабораторій кафедри і укладені дані методичні вказівки так, щоби вони відповідали меті та задачам курсу.

Лабораторні роботи включають до себе питання вивчення приладів для вимірювання електричних величин (напруги, сили струму, опорів, частотних характеристик), вивчення роботи електронних осцилографів, генераторів, вивчення схем та роботи вимірювальних перетворювачів, питання вимірювань неелектричних величин, пов’язаних з параметрами навколишнього середовища, зокрема, з рівнем радіоактивності та дозами випромінювання, а також питання роботи інформаційно-вимірювальних систем.

Методичні вказівки призначені для студентів 2-го року навчання бакалаврського рівня вищої освіти за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

За програмою дисципліни практична і теоретична її частини оцінюються однаково, тобто по 50 балів за кожну частину. Зазвичай кафедра щороку визначає кількість та перелік лабораторних робіт, які студенти можуть виконати протягом семестру. Якщо за семестр студенти встигають виконати 7 лабораторних робіт – то викладач, що проводить лабораторні заняття розподіляє ці бали, тобто максимум по 7 балів за одну роботу.

1. Лабораторна робота № 1

ЕЛЕКТРИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ НА СТЕНДІ УНДС.

Мета роботи : ознайомитися з роботою стенда, зробити електричні вимірювання при постійному та змінному струмах.

1.1. Вивчення універсального навчально-дослідного стенду УНДС

Призначення стенда.

Універсальний навчально-дослідний стенд УНДС-1 призначений для проведення лабораторних занять з електроніки, фізики, електротехніки, а, також, для виконання навчально-дослідних робіт студентами електротехнічних спеціальностей.

Склад та будова стенда.

Стенд УНДС складається з трьох частин: пульта, стола, набору елементів електричних схем.

Пульт являє собою металевий каркас, в якому розташовані три активних блоки, які є джерелами електричного струму, та три пасивних блоки, що містять регульовані та нерегульовані пасивні елементи.

Посередині пульта розташоване набірне поле.

Блок постійної напруги містить:

- регульоване джерело постійної стабілізованої регульованої напруги з вихідною напругою від 2 до 30 В;

- нерегульоване джерело постійної стабілізованої напруги з вихідною напругою 20 В;

- електронний ключ для аналізу перехідних процесів.

Обидва джерела постійної напруги мають схему захисту від короткого замкнення з током захисту $I_z = 1\text{А}$.

Блок змінної напруги містить:

- регульоване джерело перемінної однофазної напруги з вихідною напругою від 2 до 30 В. , з частотою гармонічної, трикутної або прямокутної форми 10 - 8000 Гц.

Джерело змінної напруги має схему захисту від короткого замкнення з током захисту $I_z = 1\text{А}$.

Блок трифазної перемінної напруги містить:

- джерело змінної трьохфазної напруги вихідною напругою промислової частоти (40 Гц).

Фази джерела електрично незалежні між собою.

Джерело трьохфазної змінної напруги має схему захисту від короткого замкнення на кожен фазу з током захисту $I_z = 1\text{А}$.

Блок змінного опору

Блок змінного опору містить три нерегульованих резистори R1, R2, R3 та схему змінного опору R4 від 1 до 999 Ом.

Регулювання здійснюється дискретно (крок 1 Ом) ручками на передній панелі блоку.

Блок змінної індуктивності.

Блок змінної індуктивності містить три нерегульованих котушки індуктивності L1, L2, L3 та схеми змінної індуктивності L4, що регулюється від 0,1 до 99,9 мГ.

Регулювання здійснюється дискретно (крок 0,1 мГ) ручками на передній панелі блоку.

Блок змінної ємкості

Блок змінної ємкості містить три нерегульованих конденсатори C1, C2, C3 та схеми змінної ємкості C4, що регулюється від 0,1 до 99,9 мкФ.

Регулювання здійснюється дискретно (крок 0,01 мкФ) ручками, що на передній панелі блоку.

Набірне поле має 100 контактів, кожний з яких пов'язаний з 2 - 3 іншими у єдиний блок; зв'язок зазначено на набірному полі лініями.

Набору елементів електричних схем міститься у дерев'яному коробу, що лежить на поверхні стенду.

Порядок роботи

Електрична схема, що визначена задачею, набирається на набірному полі з'єднувальними шнурами, перемичками та електричними елементами з набору елементів електричних схем.

Після перевірки схеми викладачем або лаборантом дозволяється ввімкнути живлення, для чого треба перевести тумблер "Сеть" на передніх панелях блоків живлення в положення "Вкл" - загориться індикатор "Сеть".

Вимірювальні прилади, що знаходяться на передній панелі блоків живлення, контролюють регульовану напругу і струм, які регулюються за допомогою потенціометра "Напряжение".

Нерегульоване джерело напруги виведено на розетку "20 V".

Регулювання частоти і форми вихідного сигналу на блоці змінної напруги здійснюється відповідними органами керування, розташованими на передній панелі блоку: частота регулюється дискретно через 2 кГц ручкою "Частота" та плавно - потенціометром "Частота плавно". Коли потенціометр "Частота плавно" знаходиться у крайньому правому положенні, частота вихідного сигналу відповідає частоті, на яку вказує ручка дискретного регулювання.

Напруга на виході кожної фази трьохфазного блоку змінюється за допомогою перемикачів від 0 до 40 В, кожна фаза має вихід на розетку.

Зібрана на набірному полі схема може бути забезпечена будь-яким живленням та змінними вхідними сигналами.

Для виміру характеристик вхідних або вихідних сигналів до зібраної на набірному полі схеми за допомогою з'єднувальних або спеціальних екранірованих вимірювальних шнурів підключаються вимірювальні прилади: вольтметри, осцилографи, частотоміри - паралельно; амперметри – послідовно.

Всі вимірювальні прилади підключаються тільки при вимкненому живленні.

У випадку короткого замкнення або перевантаження (неправильно зібрана схема) - в блоках спрацьовує схема захисту. На передніх панелях блоків живлення загораються індикатори “Защита”.

Після усунення причин короткого замкнення або перегрузки та перевірки схеми викладачем або лаборантом потрібно знизити напругу на блоці живлення до 0 В ручкою “Напряжение” та натиснути кнопку “Защита”, при цьому індикатор “Защита” повинен погаснути; якщо він продовжує горіти, необхідно знову перевірити схему.

Будь-які перебудови схеми слід проводити при відключеному живленні.

Після закінчення лабораторної роботи напругу потрібно відключити, для цього:

1. Напруга плавно знижується до 0 В за допомогою потенціометра ;
2. Вимикається живлення тумблером “Сеть” на блоках живлення стенда;
3. Вимикається, відповідними тумблерами, живлення вимірювальних приладів;
4. Акуратно розібрати схему, електричні елементи та деталі акуратно покласти до коробки з набором елементів електричних схем.

1.2 Експериментальна частина

Вправа 1 . ВИВЧЕННЯ РОБОТИ СТЕНДУ УНДС. ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ РЕЗИСТОРІВ

1. Зібрати на набірному полі стенда УНДС схему послідовного з'єднання трьох резисторів.
2. За допомогою цифрового вольтметра ,що знаходиться на набірному полі, та з'єднувальних провідників вимірити напругу на кожному з резисторів U_i та напругу блока живлення U . Перевірити, чи дорівнює сума напруг на окремих резисторах напрузі блока живлення .
3. Вимірити силу струму I , що тече через резистори, та за законом Ома

$$I = \frac{U_i}{R_i} \quad (1.1)$$

розрахувати опори резисторів R_1, R_2, R_3 .

4. Зібрати схему паралельного з'єднання цих трьох резисторів .
5. Вимірити струм у кожній ділянці паралельного з'єднання за допомогою цифрової приладу Щ 4300 та вимірити напругу блока живлення. Перевірити, чи дорівнює сила струму у зовнішній частині електричного кола сумі струмів через кожний резистор.
6. Розрахувати сумарний опір паралельного з'єднання резисторів R за формулою

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (1.2)$$

7. За допомогою цифрового приладу Щ 4300 вимірити опір R паралельного з'єднання резисторів та порівняти його з розрахунковим значенням .

8. Розрахувати потужність P , яка виділяється на кожному резисторі

$$P = I_i U = I_i^2 R_i . \quad (1.3)$$

Вправа 2. ВИЗНАЧЕННЯ ІНДУКТИВНОСТІ КОТУШКИ

Суть експериментального методу полягає в окремих вимірюваннях повного опору Z та активного опору R котушки індуктивності.

Якщо провідник , з якого зроблена котушка , має деякий активний опір R, повний опір котушки Z дорівнює

$$Z = \sqrt{(\omega L)^2 + R^2} , \quad (1.4)$$

а фазовий зсув φ між струмом та напругою на котушці буде менше $\frac{\pi}{2}$.

З формули (1.12) індуктивність дорівнює

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{\omega} , \quad (1.5)$$

де $\omega = 2\pi f$ - циклічна частота струму через котушку , $Z = \frac{U}{I}$; $R = \frac{U^1}{I^1}$; U та I

- напруга і сила постійного струму. Фазовий зсув φ можна визначити за формулою

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L}{U_R} = \frac{\omega L}{R} \quad (1.6)$$

ХІД РОБОТИ :

1. Підключити котушку індуктивності до джерела постійного струму .Для вимірювання струму I^1 використовувати амперметр блоку живлення ,а для вимірювання напруги U^1 - прилад Щ 4300 ,який потрібно підключити паралельно до котушки .
2. Увімкнути блок постійного струму .Змінюючи напругу джерела живлення декілька разів заміряти силу струму I^1 та напругу U^1 .
3. Відключити джерело постійного струму .Котушку індуктивності підключити послідовно через амперметр приладу Щ 4300 до джерела змінного струму . Для вимірювання напруги U використовувати вольтметр блоку живлення . Силу струму I потрібно вимірювати за допомогою приладу Щ 4300 .
4. Увімкнути блок змінного струму .Декілька разів при різних значеннях напруги U заміряти силу змінного струму .
5. Дані вимірювань вписати в таблицю.
6. Розрахувати середні значення R та L .Визначити індуктивність L за формулою (1.14).
7. Розрахувати $\operatorname{tg} \varphi$ та зсув фаз φ .

Таблиця 1.1

№	U'	I'	R	U	I	Z
1						
2						

Контрольні питання .

1. Які коливання називаються гармонійними?
2. У яких випадках відбуваються вільні ,незгасаючі ,згасаючі та вимушені коливання ?
3. Від яких параметрів залежить коефіцієнт згасання електричних коливань ?
4. Як залежить від частоти коливань ємнісний та індуктивний опори?
5. За яким законом зменшується амплітуда вільних згасаючих коливань ?
6. В чому полягає принцип дії електронно-променевої трубки ?
7. Що називається періодом розгортки і як його визначити ?
8. В чому полягає суть експериментального методу визначення індуктивності котушки ?

2. Лабораторна робота № 2

ВИМІРЮВАННЯ НА СТЕНДІ УНДС ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛОГРАФА.

Вправа 1. ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛОГРАФА.

Підключити вхід осцилографа Y до блока постійної напруги. Тумблерами “Сеть” увімкнути осцилограф та блок живлення. Перевести осцилограф у режим роботи при постійній напрузі ,а електронний промінь встановити у центр екрана .

Перемикач осцилографа “Вольт /дел “ встановити у таке положення ,щоб електронний промінь при максимальній напрузі (30в) не виходив за межі екрану.При цьому цей перемикач буде вказувати величину ,яка є оберненою до чутливості осцилографа $\gamma_y = \frac{L}{U_y}$.

Збільшувати напругу блока живлення від 0 до 30в. Через кожні 5в здійснювати вимірювання напруги вольтметром блоку живлення U_v та вимірювання вертикального відхилення L променя від центру екрана.Це відхилення вимірюють кількістю великих поділок на ккоординатній сітці екрана.Дані вимірювань занести до таблиці.

$U_v, в$	5	10	15	20	25	30
$L, под$						
$\gamma_y, под/в$						
$U_{ос}, в$						

4. Розрахувати напругу за формулою $U_{oc} = \frac{L}{\gamma_y}$. Порівняти результати вимірювань вольтметром з результатами вимірювань напруги за допомогою осцилографа.

Вправа 2. ВИЗНАЧЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ОСЦИЛОГРАФА.

1. Вимкнути блок постійної напруги та підключити вхід осцилографа У до блока змінної напруги. Осцилограф перевести у режим роботи при змінній напрузі. Перемикачем на блоці живлення увімкнути генератор гармонійних коливань. Тумблерами “Сеть” увімкнути осцилограф та блок живлення.
2. Збільшувати напругу живлення від 0 до 30В. Перемикач осцилографа “Вольт/дел” встановити в таке положення, щоб електронний промінь при максимальній напрузі (30В) не виходив за межі екрану.
3. Через кожні 5В здійснювати вимірювання напруги за допомогою вольтметра блоку живлення. Це діюче значення напруги змінного струму U_y . Для кожного значення діючої напруги вимірити на екрані осцилографа довжину вертикальної світлої лінії L у поділках, яка відповідає амплітудній напрузі U_o .

$$U_o = \sqrt{2} U_d .$$

Дані вимірювань занести до таблиці.

$V_{y,в}$	5	10	15	20	25	30
-----------	---	----	----	----	----	----

$L, под$

$\gamma_{y, под/в}$

4. Чутливість підсилювача вертикального відхилення визначається за формулою

$$\gamma_y = \frac{L}{2\sqrt{2}U_y} .$$

Розрахувати середню чутливість та помилку вимірювань.

Вправа 3 . ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ ЗМІННОГО СТРУМУ ЗА ДОПОМОГОЮ ОСЦИЛОГРАФА.

Підключити до входу підсилювача вертикального відхилення джерело дослідної гармонійної напруги - генератор звукової частоти.

Встановити перемикач генератора “Амплітуда вихода” у положення 20, 40, 60, 80, 100, визначити напругу генератора за формулою

$$U_y = \frac{L}{2\sqrt{2}\gamma_y} .$$

Контрольні питання

1. З яких блоків складається стенд УНДС ?
2. Що уявляє собою набірне поле та яке його призначення ?
3. Чому дорівнює сумарний опір послідовного та паралельного з'єднання провідників ?

4. Що таке чутливість підсилювача вертикального відхилення електронного променя ?
5. Як пов'язані між собою діюче та амплітудне значення напруги змінного струму ?
6. Як ,знаючи чутливість осциллографа, вимірити за його допомогою змінну напругу ?

3. Лабораторна робота 3

ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛИВАНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛОГРАФА

Мета роботи: вивчити складання двох гармонійних коливань у наступних випадках :

1. Коливання відбуваються в одному напрямку і з однаковими чи близькими частотами;
2. Два коливання відбуваються у взаємно перпендикулярних напрямках .

3.1 Теоретична частина .

3.1.1 Складання коливань в одному напрямку

Дуже важливий для практики випадок, коли обидва складаємих гармонійних коливання однакового напрямку мало відрізняються за частотою. В цьому випадку результатом складання є биття.

Коливання із періодичним змінням амплітуди називаються БИТТЯМ.

Нехай частоти складаємих коливань дорівнюють ω та $\omega + \Delta\omega$, причому $\Delta\omega \ll \omega$.

Задамо задля легкості рівність нулеві початкових фаз обох коливань, амплітуди вважатимемо однаковими та рівними A .Розглянемо складання двох напруг, які змінюються за законом

$$U_1 = A \cos \omega t \quad (3.1)$$

$$U_2 = A \cos(\omega + \Delta\omega)t$$

Складаючи ці вирази та враховуючи, що $\frac{\Delta\omega}{2} \ll \omega$, одержимо результуючу напругу

$$U = U_1 + U_2 = (2A \cos \frac{\Delta\omega}{2} t) \cos \omega t \quad (3.2)$$

Співмножник в дужках змінюється повільно, так як $\Delta\omega \ll \omega$. Тому результуюче коливання можна розглядати як гармонійне із частотою ω . Його амплітуда змінюється за періодичним законом

$$A_0 = | 2A \cos \frac{\Delta\omega}{2} t | \quad (3.3)$$

Частота змінення A_0 у два рази більша від частоти змінення косинуса (так як береться за модулем), тобто дорівнює $\Delta\omega$. Період биття дорівнює

$$T_0 = \frac{2\pi}{\Delta\omega} \quad (3.4)$$

3.1.2 Складання взаємно перпендикулярних коливань

Електричні коливання від генератора Γ_1 подаються на вхід осцилографа У, що пов'язаний із вертикальним відхиленням променя. Електричні коливання від генератора Γ_2 , що подаються на вхід осцилографа Х, відхиляють електронний промінь в горизонтальному напрямку. Якщо ввімкнено тільки генератор Γ_2 електронний промінь на екрані осцилографа здійснює коливання вздовж горизонталі

$$x = A \cos \omega t, \quad (3.5)$$

де x - зсув променя у будь-який момент часу, A - амплітуда.

При ввімкненні тільки одного генератора Γ_1 , електронний промінь здійснює коливання у вертикальному напрямку.

а) Нехай спочатку частота генератора Γ_1 та Γ_2 рівні. Тоді коливання променя по вертикалі описуються рівнянням

$$y = B \cos(\omega t + \varphi), \quad (3.6)$$

де φ - різниця фаз обох коливань. При одночасній праці обох генераторів електронний промінь бере участь одночасно у двох коливаннях. Траєкторія його руху на екрані, тобто траєкторія результуючого коливання описується рівнянням еліпсу

$$\frac{x^2}{A^2} - \frac{2xy}{AB} \cos \varphi + \frac{y^2}{B^2} = \sin^2 \varphi \quad (3.7)$$

Якщо різниця фаз $\varphi = \pm m\pi$ ($m=0,1,2,\dots$), еліпс вироджується у відрізок прямої лінії. Якщо ж $\varphi = \pm(2m+1)\frac{\pi}{2}$, то рівняння траєкторії прийме вигляд рівняння кола

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1 \quad (3.8)$$

і на екрані осцилографа спостерігатимемо коло.

б) Нехай частоти складаємих взаємно перпендикулярних коливань різні. Замкнені траєкторії, що описуються електронним променем на екрані, будуть різні за формою в залежності від співвідношення частот, амплітуд та різниці фаз складаємих коливань. Такі траєкторії називаються фігурами Ліссажу. По фігурах Ліссажу можна знаходити невідому частоту та фазу коливання.

3.2 Експериментальна частина.

Вправа №1 ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ТА ПЕРІОДУ БИТТЯ.

Напруга від генераторів Γ_1 та Γ_2 підводиться одночасно до двох послідовно ввімкнених до входу У осцилографа опорам R_1 та R_2 . Наближаючи частоту генератора Γ_1 до частоти генератора Γ_2 , досягають появи на екрані картини биття.

1. Виміряють відстань в поділках поміж точками на екрані, відповідними сусіднім мінімумам амплітуди коливань.

2. Експериментально шукаємо значення періоду биття знаходять як добуток відстані L на показчик розгортки τ_0 , який дорівнює часу проходження променем однієї поділки екрана.

$$T_{\text{бе}} = L \tau_0 \quad (3.9)$$

3. Розраховують частоту биття $\Delta\omega = 2\pi(f_2 - f_1)$, (3.10)

та період биття
$$T_{\text{б}} = \frac{2\pi}{\Delta\omega} = \frac{1}{f_2 - f_1}, \quad (3.11)$$

де f_1 і f_2 - частоти коливань, що додаються.

4. Результати вимірювань записують в таблицю і порівнюють із результатами розрахунків.

Таблиця 3.1

№ дослід у	f_1	f_2	L	τ_0	$T_{\text{бе}}$	$T_{\text{б}}$
1						
2						
3						

Вправа №2 ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТ ЗА ФІГУРАМИ ЛІССАЖУ.

1. Напругу вимірюємої частоти f_x від генератора Γ_2 та відомої частоти образкового генератора Γ_1 підводять одночасно до двох входів осцилографа. Частоту f_0 змінюють доти, доки на екрані не виникне нерухома фігура (бажано більш простої форми, наприклад, у вигляді еліпсу чи вісімки). Цю фігуру подумки перетинають лініями, які паралельні координатним осям, та рахують число точок перетину кожної лінії з фігурою.

Відношення одержаних чисел дорівнює відношенню частот

$$f_x : f_0$$

2. Змінюючи частоту коливань потрібно досягти появи на екрані фігур Ліссажу, відповідних співвідношенням частот 1:1 ; 1:2 ; 1:3 ; 2:3 . Намалювати одержані фігури Ліссажу.

Контрольні питання .

1. Що називається биттям ?
2. Чому дорівнює період биття ?
3. У якому випадку при складанні двох коливань на екрані осцилографа спостерігається коло ?
4. Якою повинна бути різниця фаз між двома перпендикулярними коливаннями, щоб результуюче коливання являло собою відрізок прямої лінії ?
5. В яких випадках складання двох коливань дає фігури Ліссажу ?

6. Які характеристики коливань можливо визначити, маючи фігури Ліссажу?

4. Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНДЕНСАТОРІВ

Мета роботи - визначення ємності конденсатора за допомогою мостка Сотті та резонансним методом

4.1 Теоретична частина

Для зарядження різних за формою провідників до однакового потенціалу φ їм необхідно передати різні заряди q . Вказана властивість провідників характеризується величиною, що зветься електроємністю

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (4.1)$$

Таким чином, ємність вимірюється зарядом, який потрібно передати незарядженому провіднику, щоби його потенціал змінився на одиницю. Електроємність залежить від форми зовнішніх поверхней провідника, його лінійних розмірів, від розміщення цього провідника відносно інших, а також від діелектричної проникливості ε середовища між пластинами конденсаторів.

Ємність конденсатора дорівнює

$$C_0 = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U} \quad (4.2).$$

де q - заряд одного з електродів конденсатора, $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ - різниця потенціалів на його обкладинках.

Для конденсатора, що заповнений діелектриком

$$C = \varepsilon C_0 \quad (4.3)$$

Результуючі ємності паралельно та послідовно сполучених n конденсаторів розраховуються за формулами

$$C_{нар} = \sum_{i=1}^n C_i, \quad C_{нос} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i} \quad (4.4).$$

Енергія конденсатора чисельно дорівнює роботі, що потрібно витратити, щоби зарядити конденсатор до різниці потенціалів $\varphi_1 - \varphi_2 = U$:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{q\varphi}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (4.5).$$

Конденсатор у колі змінного струму. Для постійного струму конденсатор є безкінечно великий опір, тобто його електропровідність практично дорівнює нулю. Але, якщо конденсатор міститься в колі змінного струму, то він являє собою ємнісний опір $X_c = \frac{1}{\omega C}$, що залежить від частоти струму ω .

З викладеного можна зробити висновок, що вимірювання ємності конденсатора може бути здійснено двома засобами: 1) досліджуючи розряд конденсатора (наприклад, за допомогою балістичного гальванометра; 2) досліджуючи поведінку конденсатора у колах змінного струму.

Коливальний контур

МЕТА РОБОТИ: дослідження явища резонансу у коливальному контурі.

Для того, щоб в дійсній коливальній системі одержати незгасаючі коливання, потрібно компенсувати витрати енергії за рахунок зовнішнього джерела енергії. Для цього до коливального контуру потрібно підключити генератор електричних імпульсів з електрорушійною силою E . При паралельному підключенні генератора до контуру, останній називається паралельним контуром. При послідовному підключенні генератора до елементів контуру, коливальний контур називають послідовним контуром.

Вважатимемо, що генератор дає синусоїдальні коливання, тобто

$$E = E_0 \sin \Omega t$$

де Ω - циклічна частота генератора .

Вимушені електричні коливання в цих колах описуються лінійним неоднорідним диференціальним рівнянням

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = \frac{E_0}{L} \sin \Omega t, \quad (4.6)$$

де q - електричний заряд на обкладках конденсатора .

Розв'язок цього рівняння дорівнює сумі загального розв'язку однорідного рівняння та частинного розв'язку неоднорідного рівняння (4.6)

$$q = A \sin(\omega t + \varphi) + B \sin(\Omega t + \psi) . \quad (4.7)$$

Перший доданок грає суттєву роль в початковій стадії процесу (при установленні коливань). У вже встановленому режимі вимушені коливання відбуваються із частотою генератора Ω

$$q = B \sin(\Omega t + \psi) \quad (4.8)$$

Амплітуда вимушених коливань q_0

$$q_0 = B = \frac{E_0}{L \sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\beta^2 \Omega^2}} \quad (4.9)$$

Зсув фаз $\psi = -\arctg \frac{2\beta\Omega}{\omega_0^2 - \Omega^2}$. Підставляючи значення ω_0^2 та β у формулу

$$(4.9), \text{ одержимо } q_0 = \frac{E_0}{\Omega \sqrt{R^2 + (\Omega L - \frac{1}{\Omega C})^2}}, \quad (4.10)$$

$$\text{tg } \psi = \frac{R}{\frac{1}{\Omega C} - \Omega L} \quad (4.11)$$

$$q_0 \text{ досягає максимуму при } \Omega_p = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} . \quad (4.12)$$

Явище різкого зростання амплітуди вимушених коливань при наближенні частоти вимушуючої сили до частоти власних коливань називається резонансом. Залежність амплітуди коливань від частоти зовнішньої Е.Р.С. являє собою резонансні криві.

Якщо менше коефіцієнт згасання β , то вище і правіше лежить максимум резонансної кривої .

При малому згасанні (при $\beta^2 \ll \omega_0^2$) резонансну частоту можна прийняти рівною власній частоті:

$$\Omega_p \approx \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (4.13)$$

Тоді $\Omega_p L - \frac{1}{\Omega_p C} \approx 0$.

Сила струму дорівнює

$$I = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + (\Omega L - 1/\Omega C)^2}} \text{cjs}(\Omega t + \psi) = I_0 \text{cjs}(\Omega t + \psi)_0 .$$

Знаменник одержаної формули у відповідності із законом Ома

$$I_0 = \frac{E_0}{Z} .$$

визначає повний опір електричного кола

$$Z = \sqrt{R^2 + (\Omega L - 1/\Omega C)^2} . \quad (4.14)$$

Розглянемо резонансну характеристику при згасанні $\beta \approx 0$. На вертикальній осі відкладено U_0 . Візьмемо ширину кривої $\Delta\Omega$ на висоті $0,7U_0$. U_m - амплітуда напруги при резонансі. Смуга частот на висоті $0,7U_m$ називається смугою пропускання коливального контуру.

Для характеристики згасання коливань застосовують поняття добротності Q .

Добротність - це добуток 2π на відношення енергії коливальної системи W до зменшення цієї енергії за один період коливань ΔW

$$Q = 2\pi \frac{W}{\Delta W} . \quad (4.15)$$

При малих згасаннях коливальної системи добротність дорівнює

$$Q \approx \frac{\pi}{\beta t} = \frac{\omega}{2\beta} \approx \frac{\omega_0}{2\beta} \quad (4.16)$$

4.2 Експериментальна частина

Вправа 1. ВИМІРЮВАННЯ ЄМНОСТІ КОНДЕНСАТОРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МІСТКА СОТТІ

До складу установки надходять: звуковий генератор, амперметр змінного струму, магазин ємностей, магазин опорів, невідомі ємності.

Для визначення ємності конденсаторів можна користуватися містковою схемою. На схемі: C відомий та C_x досліджуємий конденсатори, B - міліамперметр, R_1 - фіксований опір та R_{var} - змінний опір (магазин опорів). На місток подається змінна напруга 10-20 В. Принцип вимірювання базується на знаходженні такого співвідношення між R_1 та R_{var} , при якому струм скрізь міліамперметр відсутній (потенціал точки А дорівнює потенціалу точки В $\varphi_A = \varphi_B$).

Знайдемо умови рівноваги. Кількість електрики, що пройшло за час dt по шляху DAE, дорівнює

$$dq = I_1 dt, \quad I_1 = \frac{\varphi_D - \varphi_A}{R_1} \quad (4.17)$$

З іншого боку, з означення ємності конденсатора витікає, що

$$dq = C_x (\varphi_A - \varphi_E) \quad (4.18)$$

Тоді

$$\frac{\varphi_D - \varphi_A}{R_1} dt = C_x (\varphi_A - \varphi_E) \quad (4.19)$$

Аналогічно для шляху DBE

$$\frac{\varphi_D - \varphi_B}{R_{var}} dt = C (\varphi_B - \varphi_E) \quad (4.20)$$

З урахуванням, що $\varphi_A = \varphi_B$, можна отримати

$$C_x = \frac{R_{var}}{R_1} C \quad (4.21)$$

Хід виконання роботи.

Збирають схему містка Соті. Змінюючи величину опору R_{var} , добиваються того, щоби показання міліамперметра були б мінімальними. Після того, за допомогою формули (10) знаходять C_{x1} . Вимірювання проводять кілька разів для визначення похибки. Повторюють вимірювання для другого невідомого конденсатора C_{x2} . Далі вимірюють ємність при паралельному та послідовному сполученні конденсаторів C_{x1} та C_{x2} та порівнюють їх зі значеннями, що розраховані за відповідними формулами.

Вправа 2. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСУ У КОЛИВАЛЬНОМУ КОНТУРІ

1. Зібрати електричне коло.
2. Знаючи ємність C та індуктивність L , знайти власну частоту ω_0 .
3. Змінюючи частоту коливань генератора, знайти діапазон частот, в межах якого спостерігається залежність напруги на контурі від частоти коливань. Після цього, змінюючи частоту генератора в знайдених межах, виміряти довжину лінії, яка світиться на екрані осцилографа, пропорційну амплітуді прикладеної до контуру напруги. Результати вимірювань занести в таблицю.

Таблиця 4.1

f,кГц	U

4. Використовуючи одержані результати,накреслити резонансну криву, визначити резонансну частоту і знайти смугу пропускання. По резонансній кривій розрахувати добротність.

5. Знайти коефіцієнт згасання β за допомогою формули (4.16).

Вправа 3 . ВИЗНАЧЕННЯ ЄМНОСТІ КОНДЕНСАТОРА РЕЗОНАНСНИМ МЕТОДОМ .

Резонансний метод знайшов широке застосування для визначення індуктивності та ємності на високих частотах.

СУТЬ МЕТОДА полягає у вимірюванні резонансної частоти коливального контуру ,який складається з невідомого та зразкового елементів. Значення невідомого елемента розраховується з резонансної частоти і параметру зразкового елемента .

1. Для вимірювання невідомої ємності конденсатора С потрібно зібрати схему паралельного коливального контуру ,яка приведена на мал.(1).Змінюючи частоту генератора f ,визначити залежність напруги на контурі U (у поділках шкали на екрані осцилографу) від частоти генератора .

2. Знайти резонансну частоту коливань в цьому контурі f_1 .

3. Після цього паралельно конденсатору С потрібно підключити зразковий (відомої ємності) конденсатор C_0 та експериментально знайти резонансну частоту нового контуру f_2 .

4. Результати вимірювань занести в таблицю .

5. Резонансні частоти f_1 та f_2 описуються формулами

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; \quad f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C+C_0)}};$$

З цих формул можна знайти невідому ємність конденсатора С .

$$C = \frac{f_2^2 C_0}{f_1^2 - f_2^2} .$$

Таблиця 4.2

С		С + C ₀	
f,кГц	U,под	f,кГц	U,под

Контрольні питання .

1. У якому випадку в коливальному контурі можна одержати незгасаючі коливання ?
2. Який контур називається паралельним ,а який - послідовним ?
3. Яке рівняння описує вимушені коливання ?
4. Чому дорівнюють амплітуда та зсув фаз вимушених коливань ?
5. Що називається резонансом ?
6. Як , маючи резонансну характеристику , можна визначити смугу пропускання?
7. Що називається добротністю ?
8. В чому полягає суть резонансного методу визначення ємності конденсатора ?

5. Лабораторна робота № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ МАСШТАБНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Застосування *вимірювальних перетворювачів фізичної величини* дає змогу зробити вимірювальний прилад багатофункціональним. Наприклад, застосувавши вимірювальний перетворювач середніх квадратичних значень, вимірювальний прилад можна зробити придатним для вимірювання як постійних, так і змінних струмів і напруг. Застосувавши вимірювальний перетворювач опору в напругу та шунт, можна зробити вольтметр універсальним і придатним для вимірювання не тільки напруги, а струму і опору. Цей прийом застосовують для створення цифрових універсальних вольтметрів.

Сучасні універсальні цифрові вольтметри – це складні багатофункціональні вимірювальні комплекси, здатні вимірювати цілу низку фізичних величин. Водночас застосування сучасних цифрових і аналогових мікросхем і мікропроцесорів допомагає зробити ці прилади малогабаритними з живленням від гальванічних елементів.

Шунти. Щоб розширити діапазон вимірювання струмів амперметрами для більших струмів, застосовуються шунти.

Шунт— це низькоомний високостабільний резистор, який вмикається паралельно амперметру. З точки зору метрології, *шунт* — це вимірювальний масштабний перетворювач струму. Для зменшення похибки, зумовленої впливом температури, шунт виготовляється з манганіну, який має незначний температурний коефіцієнт опору.

Опір шунта $R_{ш}$ розраховується за заданим коефіцієнтом масштабного перетворення струму $k_I = I/I_A$ і відомим опором амперметра R_A за формулою

$$R_{\text{в}} = \frac{R_{\text{д}}}{k-1}$$

Додаткові опори. Розширення діапазону вимірювання напруг вольтметром для більших напруг реалізується за допомогою **додаткових** високоомних і високо стабільних **резисторів**, які вмикаються послідовно з вольтметром. Додаткові резистори виготовляються з манганіну, який має малий температурний коефіцієнт опору, щоб зменшити температурну похибку вимірювання. *Додатковий опір* є вимірювальним масштабним перетворювачем вхідної напруги U_x у вихідну напругу U_v , яку вимірює вольтметр. Масштабний коефіцієнт перетворення k_U визначається співвідношенням

$$K_U = \frac{U_v}{U_x}$$

Опір додаткового резистора $R_{\text{дод}}$ розраховується відповідно до заданого коефіцієнту перетворення k_U і відомого опору вольметра R_V за формулою

$$R_{\text{дод}} = R_V \cdot \frac{1 - k_U}{k_U}$$

Подільники напруги. *Резистивні подільники напруги* — це вимірювальні перетворювачі, які зменшують напругу у задану кількість разів. Основною метрологічною характеристикою подільників напруги є коефіцієнт ділення K , який дорівнює відношенню вхідної напруги $U_{\text{вх}}$ до вихідної $U_{\text{вих}}$, тобто $K = U_{\text{вх}}/U_{\text{вих}}$. Резистивні подільники напруги відтворюють одне значення коефіцієнта ділення або кілька.

Індуктивні подільники змінної напруги виконуються на тороїдальних магнітопроводах з високою магнітною проникністю, на які навиваються обмотки. Обмотки можуть вмикатися за трансформаторною або автотрансформаторною схемами. Індуктивні подільники можуть з'єднуватися каскадно. Витки обмоток перемикають відповідно до розрядів десяткового коду.

Ємнісні подільники напруги призначені для забезпечення високого вхідного опору на постійному струмі. Частіше всього ємнісні подільники напруги застосовуються для розширення діапазону вимірювання електростатичних приладів.

Вправа 1. ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ШУНТА

Визначити опір шунта для розширення діапазону вимірювання струму до 100 А амперметром, опір якого $R_A = 0.1$ Ом, а діапазон вимірювання 0...5А. Коефіцієнт масштабного перетворення струму $k_I = 100\text{А}/5\text{А} = 20$.

1. Розрахувати опір шунта:

$$R_{ш} = \frac{R_A}{k-1} = \frac{0,1 \text{ Ом}}{20-1} = 0,005262 \text{ Ом}$$

2. Зібрати схему паралельно підключених амперметра і шунта;

3. Вимірити опір паралельного з'єднання.

Вправа 2. ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ РЕЗИСТИВНОГО ПОДІЛЬНИКА НАПРУГИ

Розрахувати опір додаткового резистора для розширення діапазону вимірювання напруги до 1000 В вольтметром, опір якого $R_V=20000 \text{ Ом}$, а діапазон вимірювання 0...75В. Коефіцієнт масштабного перетворення напруги

$$K_U = \frac{U_V}{U_C} = \frac{75}{1000 \text{ В}} = 0,075$$

1. Розрахувати опір додаткового резистора

$$R_{доз} = R_V \cdot \frac{1-k_U}{k_U} = 2000 \cdot \frac{1-0,075}{0,075} = 246667 \text{ Ом}$$

2. Зібрати схему послідовного підключення додаткового резистивного подільника напруги

3. Вимірити опір послідовного з'єднання і напругу на додатков

Контрольні питання .

1. Що називається масштабним вимірювальним перетворювачем?
2. З якої метою застосовують шунти?
3. Яке з'єднання провідників називається паралельним, а яке - послідовним?
4. Як визначити опір додаткового резистора?
5. Для яких потреб призначені призначені ємнісні подільники напруги?
6. На якій основі виконуються індуктивні подільники змінної напруги?

6. Лабораторна робота 6

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЦИНТИЛЯЦІЙНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ

Метою роботи є вивчення сцинтиляційних методів і засобів реєстрації іонізуючого випромінювання.

6.1 Теоретична частина

Принцип роботи сцинтиляційних детекторів заснований на здатності іонізуючого випромінювання збуджувати атоми і молекули середовища. Перехід атомів і молекул зі збудженого стану в основний супроводжується випускненням світла (видимого, ультрафіолетового). У сцинтиляційних детекторах відбувається перетворення енергії випромінювання у світловий спалах. Сцинтиляційні детектори класифікуються за різними ознаками.

• *За механізмом виникнення світлових спалахів.* У сцинтиляційних детекторах світловий спалах виникає в момент проходження випромінювання через них в короткий проміжок часу (10^{-3} - 10^{-6} с). Це явище називається флуоресценцією. Для поліпшення флуоресценції в неорганічні сцинтиляційні детектори вводять атоми інших речовин, які називаються активаторами (Tl, CsI, I й ін.). Активатори вказуються в дужках після позначення сцинтилятора: Na (I), CsI (Tl) т.п.

В інших сцинтиляційних детекторах під дією іонізуючого випромінювання збуджені атоми і молекули знаходяться в метастабільному (збудженому) стані тривалий час, поки не одержать додаткову енергію ззовні. Тільки додаткова енергія, що отримана, наприклад, у виді ультрафіолетового випромінювання, дозволяє збудженим атомам перейти в основний стан з випускненням світлових спалахів. Це явище зветься фосфоресценцією, а речовини, у яких спостерігається ефект фосфоресценції - спалахуючими сцинтиляторами.

• *За природою.* Сцинтиляційні детектори розрізняють на неорганічні ZnS, NaI, CsI, CaWO₄ і органічні (антрацен, стильбен, нафталін, терфеніл і ін.). C₁₄H₁₀, C₁₄H₁₂...C₁₈H₁₄.

• *За способом готування.* Сцинтиляційні детектори виготовляються у виді монокристалів, що заполімеризовані у прозорій пластмасі, чи нанесені тонким шаром на скло, органічну плівку чи інший прозорий для світла матеріал. Монокристали органічних і неорганічних речовин мають найкращі параметри, але крихкі, поглинають вологу з повітря. Для збільшення терміну служби кристали поміщають у герметичні алюмінієві контейнери з оптичним виходом. Однак при наявності контейнера ускладнюються виміри випромінювань малої проникаючої здатності і невеликих енергій. Для реєстрації м'якого випромінювання і випромінювання з малою проникаючою здатністю готують рідкі сцинтилятори, що розчинені в будь-якому розчиннику.

• *За агрегатним станом* сцинтилятори підрозділяються на тверді, рідкі і газоподібні. Прикладом газоподібного сцинтилятора є чистий ксенон, що застосовується для реєстрації уламків поділу.

• *За видом випромінювання, що реєструються:* β (м'які і тверді), γ .

Вимоги до сцинтиляційних детекторів.

Вони повинні мати високу ефективність перетворення енергії випромінювання у світлову енергію, мати малий час висвітлювання, бути прозорими до власного світла, що випускається, мати радіаційну стійкість.

Достоїнства і недоліки сцинтиляційних детекторів.

Сцинтиляційні детектори мають високу ефективність реєстрації іонізуючого випромінювання, мають пропорційність залежності яскравості світлового спалаху від енергії випромінювання, малий часом розділення, що дозволяє вимірювати великі потоки випромінювання, прості у виготовленні й експлуатації.

Поряд з достоїнствами сцинтиляційні детектори мають недоліки: однакова висока чутливість одночасно до декількох видів випромінювання; довжина хвилі світлового спалаху може не збігатися зі спектральною чутливістю фотокатода; наявність власних шумів фотоелектронного помножувача (ФЕП) в результаті теплової емісії електронів з фотокатода; нестабільна напруга на електродах ФЕП.

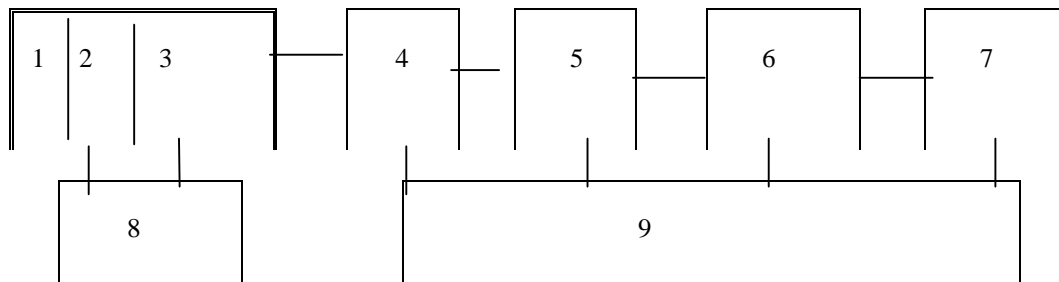


Рис.6.1 Блок-схема сцинтиляційного лічильника.

1 - сцинтилятор; 2 - світловод; 3 - ФЕП; 4 - предпідсилювач; 5 - основний підсилювач; 6 - дискримінатор; 7 - пристрій, що реєструє; 8 - високовольтний блок; 9 - низьковольтний блок.

Принцип роботи сцинтиляційного лічильника.

Сцинтиляційний лічильник являє собою сукупність сцинтиляційного детектора (1) з фотоелектронним помножувачем (ФЕП) (3), який призначений для перетворення спалахів світла, що виникають у сцинтиляторі під дією випромінювання, в електричний сигнал..

Під дією випромінювання в сцинтиляційному детекторі виникають спалахи світла, що попадають на чуттєвий шар (найчастіше сурм'яно-цезієвий) фотокатода і вибивають з нього фотоелектрони. За допомогою фокусуєчого електрода фотоелектрони попадають на перший динод, з якого вони вибивають у результаті вторинної емісії додаткові електрони. Фотоелектрони і додаткові електрони надходять на наступний динод, і знову відбувається подальше збільшення потоку електронів і т.д. Так у ФЕП відбувається множення електронів. З останнього динода електрони попадають на анод для посилення і реєстрації струму.

ФЕП має до 15 динодів, живлення ФЕП здійснюється від блоку високої напруги.

При роботі з сцинтиляційним лічильником необхідно забезпечити його достатню світлонепроникність, захистити його від впливу зовнішніх полів. Необхідно також забезпечити надійний оптичний контакт сцинтилятору з фотокатодом ФЕП. Для цих цілей використовують світловод (3). Предпідсилювач (4) призначений для електричного узгодження ФЕП з основним підсилювачем (5). Основний підсилювач (5) призначений для посилення вхідного сигналу до величини, що піддається подальшій обробці в аналогових і цифрових каскадах лічильника.

6.2 Опис лабораторної установки.

Основою для лабораторної установки служить сцинтиляційний геологорозвідувальний прилад СРП-68-01, призначений для пошуку радіоактивних джерел по їх гама-випромінюванню. Прилад закріплений на лабораторному штативі, живлення здійснюється від батарейок стабілізованого джерела постійної напруги Б5-47.

Основні технічні характеристики приладу СРП-68-01

1. Прилад дозволяє проводити вимір потоку гама- випромінювання в межах від 0 до 10000 s^{-1} (Бк) і потужності експозиційної дози гамма-випромінювання в межах від 0 до 3000 мкР/год.
2. Діапазон виміру потоку гама випромінювання розбитий на наступні під діапазони, s^{-1} ;
 - від 0 до 100;
 - від 0 до 300;
 - від 0 до 1000;
 - від 0 до 3000;
3. Контроль працездатності приладу здійснюється від контрольного джерела К-3А, № 69482 , період напіврозпаду 5,25 років.
4. Нижній поріг дискримінації гамма-випромінювання по енергії знаходиться в межах від 15 до 25 кеВ.
5. Час установлення робочого режиму не більш 1 хвилини з моменту включення приладу.
6. Прилад допускає безупинну роботу протягом 8 годин при збереженні основної похибки в межах норми.
7. Прилад має лінійну шкалу з відхиленнями від лінійного закону в межах $\pm 5\%$, а на останньому діапазоні (від 0 до 10000 s^{-1}) у межах $\pm 10\%$.
8. Комплект живлення складається з 9 послідовно з'єднаних елементів живлення типу 343, що замінені в лабораторній установці блоком стабілізованого живлення Б5-47.
9. Споживана потужність не більш 200 мВт.
10. Детектор - кристал йодистого натрію, діаметром 18 мм, заввишки 30 мм.
11. Середній наробіток на відмовлення 5000 годин.
12. Прилад зберігає працездатність в інтервалі температур від мінус 20 до $+ 50 \text{ }^\circ\text{C}$ і відносної вологості повітря до 90 % . .

6.3 Порядок виконання роботи. Підготовка приладу до роботи

1. Переконається що на джерелі живлення Б5-47 виставлена напруга 12В.
2. Підключити джерело живлення тумблером "Мережа".
3. Перевірити по індикаторі приладу напругу живлення, для цього перемикач установити в положення "Контр, бат".
4. Дати приладу прогрітися не менш 2 хвилин.

5. Перевірити працездатність приладу, для цього:

5.1. Перемикач піддіапазонів установити на необхідний під діапазон "3т".

5.2. Перемикач часу експозиції установити в положення "5s".

5.3. Контрольне джерело К-ЗА, № 69482., розташувати на відстані не більш 1 см від детектора. Вимір проводити протягом 10 с.

5.4. Отриманий результат, з урахуванням періоду напіврозпаду джерела, повинний відповідати даним, зазначеним вище. Якщо отриманий результат відповідає необхідному, то можна переходити до подальших вимірів.

Вправа 1. ВИЗНАЧЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ПРИЛАДУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВІДСТАНІ "ДЖЕРЕЛО - ДЕТЕКТОР".

1. Розташувати джерело на мінімальній відстані від детектора, використовуючи перемикач піддіапазонів домогтися, щоб стрілка індикатора знаходилася в центральному секторі шкали. Через 20 секунд записати показання приладу.

2. Видалити джерело на 1 см від попереднього положення. Використовуючи перемикач піддіапазонів домогтися, щоб стрілка індикатора знаходилася в центральному секторі шкали. Через 20 секунд записати показання приладу.

3. Збільшувати відстань від джерела до детектора доти, поки показання приладу реагують на зміну відстані, при цьому необхідно вчасно переключати піддіапазони.

4. Побудувати графік залежності "показання приладу/відстань".

Контрольні питання.

1. На чому заснований принцип роботи сцинтиляційних детекторів.
2. Вимоги, пропоновані до характеристик сцинтиляційних детекторів.
3. Переваги і недоліки сцинтиляційних детекторів.
4. Класифікація сцинтиляційних детекторів.
5. Що таке активатори?
6. Намалювати схему сцинтиляційного детектора, пояснити призначення компонентів схеми.
7. Принцип роботи ФЕП.
8. Намалювати схему сцинтиляційного лічильника.
9. Одиниці виміру активності.
10. Основні характеристики приладу СРП-68-01.

7. Лабораторна робота №7. Дозиметричні прилади. Вимірювання доз та потужності дози випромінювання.

Радіометр - дозиметр гамма-бета випромінювань

Дози і одиниці доз випромінювання.

Для кількісної оцінки іонізуючого випромінювання існує поняття "доза". Розрізняють поглинуту, експозиційну та еквівалентну дози.

а) Поглинута доза D_p - це енергія, що поглинута одиницею маси речовини. Одиниця дози в системі SI - 1 Грей.

$$1 \text{ Гр} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ кг}} .$$

Позасистемна одиниця поглинутої дози 1 рад. 1 Гр. = 100 рад.

б) Експозиційна доза X - це кількість заряду, що утворився в одиниці маси речовини при проходженні іонізуючого випромінювання. Одиниця експозиційної дози в системі SI - 1 Кл/кг, внесистемна одиниця - 1 Рентген.

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг} .$$

в) Еквівалентна доза H_T - це добуток поглинутої дози на коефіцієнт якості k , який показує у скільки разів біологічна дія даного випромінювання більша за дію рентгенівського. Одиниця дози в системі SI - 1 Зіверт.

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер} .$$

Еквівалентна доза

$$H_T = D_p \cdot k .$$

Вивчення роботи дозиметра- радіометра «ТЕРРА»

Дозиметр-радіометр МКС-05 "ТЕРРА" призначений для вимірювання амбієнтного еквівалента дози (ЕД) і потужності амбієнтного еквівалента дози (ПЕД) рентгенівського випромінень (далі-фотонного випромінення), а також поверхневої густини потоку частинок бета-випромінення. Дозиметр використовується для екологічних досліджень; як наочне обладнання для закладів освіти, для дозиметричного і радіометричного контролю на промислових підприємствах; контролю радіаційної чистоти житлових приміщень, будівель і споруд, території, що до них прилягає, предметів побуту, одягу, поверхні ґрунту на присадибних ділянках, транспортних засобів. Дозиметр призначений для індивідуального та колективного користування при вимірюванні потужності експозиційної дози (ПЕД) гамма-випромінювання, а також щільності потоку бета-частинок. Дозиметр призначений для вимірювання фону в місцях проживання і праці населення, контролю радіаційної чистоти житлових та промислових приміщень, будівель та споруд, предметів побуду, одягу, території, що прилягає, ґрунту, транспортних засобів.

В основі роботи приладу лежить іонізаційний метод реєстрації ядерного випромінювання. В якості детектора в приладі використовується лічильник Гейгера-Мюлера.

Побудова дозиметра та принцип його роботи

Конструкція дозиметра

Дозиметр виконаний в плоскому прямокутному пластмасовому Корпусі. Корпус дозиметра (рисунок 1) складається з нижньої (1) та верхньої (2) накривок. У середній частині верхньої накривки (2) дозиметра

розташовано РКІ (3), зліва і праворуч над нею - дві кнопки управління роботою дозиметра – ПОРІГ (4) і РЕЖИМ (5).



Рисунок 1 - Зовнішній вигляд дозиметра (вид зверху)

Рис.7.1 Дозиметр - ТЕРРА

Призначення:

Вимірювання потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма – та рентгенівського випромінювань.

Вимірювання еквівалентної дози (ЕД) гамма - та рентгенівського випромінювань.

Вимірювання поверхневої щільності потоку бета-частинок.

Вимірювання часу накопичення еквівалентної дози.

Вимірювання реального часу (годинник).

Особливості:

Наявність п'яти незалежних вимірювальних каналів з почерговим виведенням інформації на один рідкокристалічний індикатор.

Вбудований гамма-, бета-чутливий лічильник Гейгера-Мюллера.

Оперативна оцінка гамма-фону протягом 10 секунд.

Автоматичне віднімання гамма-фону при вимірюванні бета-забрудненості.

Усереднення результатів вимірювань з можливістю ручного та автоматичного його переривання.

Автоматичний вибір інтервалів та діапазонів вимірювань.

Звукова сигналізація кожного зареєстрованого гамма-кванта чи бета-частинки з можливістю її відключення.

Радіометр - дозиметр ПЕД гамма-бета випромінювань " ТЕРРА "

призначений для індивідуального та колективного користування при вимірюванні потужності експозиційної дози (ПЕД) гамма-випромінювання, а також щільності потоку бета-частинок. Дозиметр призначений для вимірювання фону в місцях проживання і праці населення, контролю радіаційної чистоти житлових та промислових приміщень, будівель та споруд, предметів побуду, одягу, території, що прилягає, ґрунту, транспортних засобів.

В основі роботи приладу лежить іонізаційний метод реєстрації ядерного випромінювання. В якості детектора в приладі використовується лічильник Гейгера-Мюлера.

ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Діапазон вимірювання потужності експозиційної дози (ПЕД), 0,01-100мР/рік.

Межа основної відносної похибки вимірювання ПЕД, що визначена за допомогою зразкового джерела Cz-37 при довірчій ймовірності 0,95, $\pm 25\%$

Діапазон енергій гама-випромінювання, МеВ 0,05-3,0;

Діапазон вимірювання при щільності потоку бета-частинок, част/(хв см²) $(20 \div 4)10^3$

Дозиметр дає можливість оцінити рівень гамма-фону і радіаційної чистоти житлових і виробничих приміщень, харчових продуктів, предметів побуту, поверхні ґрунту і т.д.

Вправа 1. ВИЗНАЧЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ

Завдання: Вимірити радіаційний фон за допомогою дозиметра.

Вимірювання провести три рази при різних значеннях часу експозиції дозиметра.

Дані вимірювань порівняти між собою.

Оцінити похибку вимірювань.

Вправа 2. ВИЗНАЧЕННЯ МЕРТВОГО ЧАСУ ЛІЧИЛЬНИКА

Визначення мертвого часу сцинтиляційного лічильника здійснюється методом "двох препаратів". Джерела, видані викладачем, розташовувати на відстані не більш 2 см від детектора.

Кожний вимір робити протягом 1 хвилини.

Розрахунок здійснюють за формулою:

$$\tau = \frac{N_1 + N_2 - N_{1,2}}{2 * N_1 * N_2},$$

де N_1 - показання від першого джерела; N_2 - показання від другого джерела; $N_{1,2}$ - показання від першого та другого джерела одночасно.

Вправа 3. ВИМІРЮВАННЯ ЩІЛЬНОСТІ ПОТОКУ БЕТА-ЧАСТИНОК.

Вимірювання щільності потоку бета-частинок здійснюються в тому ж порядку, як і вимірювання ПЕД. Вимірювання здійснюють двічі: один раз з відкритим отвором бета-екрану, а другий раз із закритим отвором. Результат вимірювання щільності потоку в одиницях «част, /(хв см²)» розраховується програмою дозиметра, суть якої віддзеркалює формула

$$П = (P1 - P2) \cdot K,$$

де P1 (мР/год) - результати першого вимірювання (отвір бета-екрану відкритий);
P2 (мР/год) - результати другого вимірювання (отвір бета-екрану закритий),

K (част/хв * см²) (мР/год)) - калібрувальний коефіцієнт дозиметра.

Контрольні питання

1. Що характеризують дози випромінювання?
2. Як визначити поглинену дозу випромінювання?
3. Як визначити експозиційну дозу випромінювання?
4. Які одиниці виміру доз випромінювання?
5. Як вимірюється щільність потоку бета-частинок?

8. Лабораторна робота № 8 Знайомство з роботою фізичних лабораторних комплексів УНІПРО, БОРДО

8.1 Багатофункціональний вимірювальний комплекс УНІПРО

Важливою перевагою цифрової реєстрації і цифрового синтезу сигналів є можливість реалізувати на одних апаратних базисах різні типи традиційних засобів вимірювань, забезпечити багатофункціональність і надзвичайну гнучкість такої апаратури.

У відповідності з розглянутими вище підходами в рамках концепції віртуальних засобів вимірювань в науково-дослідній лабораторії інформаційно-вимірювальних систем білоруського державного університету було розроблено багатофункціональний вимірювальний комплекс УНІПРО, який є продуктом програмного центру інформаційно-вимірювальних систем УП «УНИТЕХПРОМ БГУ», де здійснюється серійний випуск створених в лабораторії вимірювальних приладів.

Забезпечуючи вимірювання і синтез аналогових і цифрових сигналів в широких амплітудних, часових і частотних діапазонах, комплекс УНІПРО являє собою універсальну метрологічну станцію для розв'язання широкого спектра вимірювальних завдань. Він може бути інструментальною основою автоматизованого робочого місця дослідника, студента, розробника і налагодчика електронних пристроїв і забезпечує високу ефективність оцінки різних характеристик сигналів.

Комплекс УНІПРО являє собою окремий функціональний блок з вбудованим джерелом живлення і модулем інтерфейсу з комп'ютером, що працює під управлінням як настільного, так і портативного комп'ютера. Прилад має модульну конструкцію, що дозволяє інтегрувати до трьох різних або однотипних вимірювальних модулів.

Він працює в режимі дистанційного управління від комп'ютера через будь-який з таких широко поширених сьогодні комп'ютерних інтерфейсів: USB 2.0 (високошвидкісний режим High Speed), epp/escr (протоколи швидкого обміну через принтерний порт) і RS-232. Інтегроване програмне забезпечення розроблене для операційної системи Microsoft® Windows 9X/2K/NT/XP.

Комп'ютерна вимірювальна станція УНІПРО — це сукупність таких багатофункціональних вимірювальних приладів, як цифровий осцилограф, генератор сигналів довільної форми і логічний аналізатор / генератор цифрових сигналів. Наприклад, цифровий осцилограф забезпечує функції аналізатора спектра, частотоміра і цифрового вольтметра. У разі з'єднання пристроїв в єдиний інструментально-програмний комплекс досягається свого роду ефект і утворюється «вимірювальна станція», що дозволяє як досліджувати, так і формувати аналогові і цифрові сигнали в широких амплітудному, часовому та частотному діапазонах. Така станція забезпечує вирішення практично будь-якої задачі, що полягає у формуванні необхідних впливів на об'єкт дослідження і різноплановому аналізі його стану і поведінки.

Комп'ютерна вимірювальна станція може бути використана в лабораторних практикумах за такими спеціальностями, як радіо - електроніка, вимірювальна техніка, технології захисту навколишнього середовища, радіоекологія і т. п. Являючись універсальним вимірювальним обладнанням, гнучким і багатофункціональним (заміняє з десяток класичних приладів). Являючись також максимально сумісним із сучасними комп'ютерними технологіями, комплекс УНІПРО служить гарною підмогою для наукової роботи студентів та викладачів.

Звернемося до більш детального розгляду блоків даного комплексу.

Блок цифрового осцилографа В-121:

Цифровий осцилограф є найбільш популярним і поширеним віртуальним приладом, що обумовлено зручністю його використання для вирішення цілого спектру вимірювальних завдань, внаслідок широких амплітудних і часових діапазонів вимірюваних електричних сигналів, можливостей щодо реєстрації та обробки вимірювальних даних. Особливу цінність даних пристрій являє при дослідженнях швидкодіючих одноразових та нестационарних сигналів, а також для реєстрації подій, що передують моменту запуску сигналу.

Основні характеристики цифрового осцилографа В-121

Число вхідних каналів - 2

Максимальна ширина смуги пропускання вхідного тракту -200 МГц

Коефіцієнти відхилення по вертикалі: без дільника - 2 мв/справ...5 в/поділ
з дільником 1:10 - 20 мв/ поділ...50 в/ поділ

відповідні вхідні діапазони: без дільника - 16 мв...40 В

з дільником 1:10 - 160 мВ...400 В

основна похибка вимірювання напруги $\pm 1\%$

параметри входу (об./закр. вхід) 1 мом, 25 пФ

максимально допустима напруга (об./закр. вхід) 400 В

• режими запуску розгортки: автоматичний, режим однократний, «стоп» (зупинка розгортки в будь-який момент часу).

- додаткові режими запуску розгортки: телевізійним сигналом в режимі зовнішньої синхронізації (закодованих у системах PAL, SECAM, NTSC), по тривалості імпульсу від 20 нс до 4 с, по інтервалу між імпульсами від 40 нс до 4 с.
- можливість предзапуску і післязапуску по відношенню до імпульсу синхронізації.
- види синхронізації: від сигналу будь-якого з каналів, від зовнішнього

Блок генератора сигналів довільної форми В—131

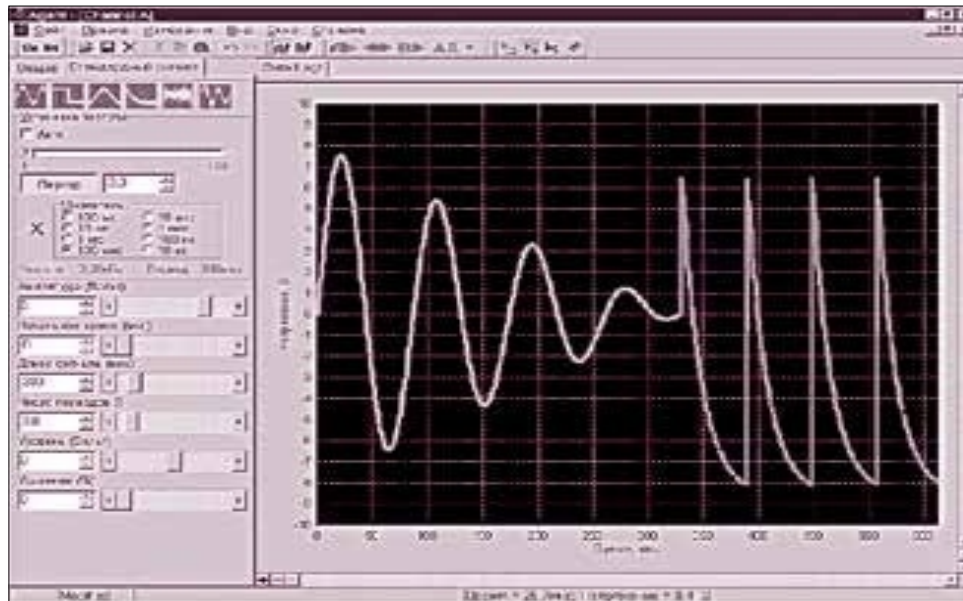


Рис.8.1 Генератор сигналів В—131

Генератор сигналів довільної форми заснований на цифровому синтезі генерованих сигналів з подальшим перетворенням з допомогою ЦАП в аналогову форму і порівняно з традиційним використанням спеціалізованих генераторів електричних сигналів має ряд переваг. Він здатний видавати сигнал будь-якої форми, яку може придумати або намалювати на комп'ютері користувач (наприклад, можна використовувати сигнали, отримані раніше при вимірах осцилографом, або просто намалювати їх на екрані мишею). При цьому є і набір стандартних сигналів — синус, прямокутник, трикутник, експонента, шум — є також можливість хитання частоти модуляції вихідних сигналів (амплітудна, частотна, фазова).

Вправа 1. Дослідження електромагнітних коливань.

1. За допомогою генератора встановити коливання певної частоти і амплітуди.
2. Провести вимірювання періоду коливань на екрані комплексу.
3. Заповнити таблицю, аналогічну наведеній далі: Дані вимірювань заносимо у таблицю і розраховуємо напругу.

Δ, dB	L (поділки)	β	$U_{\partial} = \frac{L \cdot \beta}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{\text{Вольт}}{\text{деление}}$
40	6	0.05	$U_{\partial} = \frac{6 \cdot 0.05}{2\sqrt{2}} = 0.1$
30	5	0.2	$U_{\partial} = \frac{5 \cdot 0.2}{2\sqrt{2}} = 0.36$
20	6	0.5	$U_{\partial} = \frac{6 \cdot 0.5}{2\sqrt{2}} = 1.07$
10	5	2	$U_{\partial} = \frac{5 \cdot 2}{2\sqrt{2}} = 3.57$
0	6	5	$U_{\partial} = \frac{6 \cdot 5}{2\sqrt{2}} = 10.7$

Основні характеристики генератора В-131

- режим частотоміра: вимірювання частоти синусоїдального сигналу в діапазоні від 10 Гц до 100 МГц, імпульсного сигналу будь-якої полярності в діапазоні від 0 Гц до 100 МГц з точністю 2×10^{-5} .
- режим аналізатора спектра досліджуваного сигналу на основі швидкого перетворення Фур'є (відповідно з частотою дискретизації вхідного сигналу) з можливістю усереднення; набір таких вагових функцій, як прямокутна, Блекмена - Харріса, Гауса та інших, вибір логарифмічного або лінійного масштабів відображення.
- автоматичне вимірювання 22 параметрів досліджуваного сигналу і обчислення в реальному часі їх статистичних значень, таких як середнє значення, стандартне відхилення, максимум, мінімум і ін.
- режими запуску розгортки: автоматичний, режим, однократний, «стоп» (зупинка розгортки в будь-який момент часу).
- додаткові режими запуску розгортки: телевізійним сигналом в режимі зовнішньої синхронізації (закодованих у системах PAL, SECAM, NTSC), по тривалості імпульсу від 20 нс до 4 с, по інтервалу між імпульсами від 40 нс до 4 с.
- можливість предзапуску і післязапуску по відношенню до імпульсу синхронізації.
- види синхронізації: від сигналу будь-якого з каналів, від зовнішнього джерела.
- завдання сигналів, що формуються, одним із таких способів:
 - вибором в меню одного з стандартних сигналів і початкового визначення його основних параметрів;
 - за допомогою математичних формул і бібліотеки функцій;
 - шляхом малювання мишею на екрані генератора;
 - читанням файлів з пам'яті комп'ютера в ASCII кодї, утримуючих

інформацію про раніше сформованих сигналах, в тому числі отриманих при вимірюванні цифровим осцилографом;

- вибором довільної комбінації сигналів, заданих будь-яким з перерахованих вище способів.
- Формування стандартних сигналів: прямокутних (з частотою від 0,1 Гц до 50 мегагерц), трикутних (пилковидних) і синусоїдальних (з частотою від 0,1 Гц до 10 МГц), експоненціальних, постійного рівня, шуму.
- амплітудна, частотна, фазова і імпульсно-пакетна (в тому числі по входу синхронізації) модуляція сигналів.
- режими запуску формуються по кожному з каналів сигналів: внутрішній або зовнішній (одноразовий або безперервний).
- режим вольтметра: вимір електричних сигналів в діапазоні амплітуд ± 10 в с точністю 1 мВ за допомогою вбудованого АЦП, що має окремий сигнальний вхід.

В генераторі апаратно і програмно реалізовані режими вольтметра і 4-канального 16-розрядного АЦП.

Логічний аналізатор-генератор цифрових сигналів В-141

За допомогою логічного аналізатора-генератора цифрових сигналів В-141 можна досліджувати цифрові сигнали (тимчасові діаграми і співвідношення, а також таблиці станів) за багатьма вхідними каналами в синхронному і асинхронному режимах. Активні пробники для каналів забезпечують мінімальний вплив на досліджувані схеми і роботу з різними цифровими сигналами. важлива перевага аналізатора - запуск по заданих послідовностях 32-розрядних умов синхронізації. Крім того, в В-141 є вбудований генератор логічних послідовностей, що забезпечує вироблення цифрових сигналів по 16 вихідним каналам, можлива також спільна робота генератора і аналізатора.

Основні характеристики логічного аналізатора В-141

- основні робочі конфігурації аналізатора:
 - аналіз сигналів від довільних 8 вхідних каналів з максимальною частотою дискретизації сигналу 400 мегагерц і максимальною глибиною пам'яті 128 кілобіт на канал;
 - аналіз сигналів від довільних 16 вхідних каналів з максимальною частотою дискретизації сигналу 200 мегагерц і максимальною глибиною пам'яті 64 кілобіт на канал;
 - аналіз сигналів від кожного з 32 вхідних каналів з максимальною глибиною пам'яті 32 кілобіт на канал і частотою дискретизації сигналу в діапазоні від 1 Гц до 100 мегагерц, яка визначається формулою $F = 100\,000\,000 / N$ (Гц), де $N = 1, 2, 3 \dots, 227-1$;
 - генерація сигналів ТТЛ по 16 каналам з максимальною швидкістю дискретизації сигналу 100 мегаГерц.
- внутрішнє (від вбудованого генератора) і зовнішнє (від сигналу будь-якого з вхідних каналів) тактування.

- режими запуску розгортки:
 - від довільного вхідного каналу по заданому перепаду логічних рівнів;
 - по заданій комбінації логічних рівнів від 2 до 32 довільних вхідних каналів;
 - від довільного вхідного каналу по заданій послідовності логічних рівнів з урахуванням їх тривалості;
 - по заданій послідовності комбінацій логічних рівнів від 1 до 32 довільних каналів з урахуванням їх тривалості.

Загальні технічні параметри комплексу:

- живлення - від мережі 220 в, 50 Гц;
- споживана потужність в базовій конфігурації - не більше 70 Вт;
- габаритні розміри - не більше 290x290x85 мм;
- маса в базовій конфігурації - не більше 3,5 кг.

8.2 Цифровий осцилограф BORDO-221_виконаний у вигляді плати розширення комп'ютера (шина PCI) і призначений для дослідження одноразових та періодичних електричних сигналів, забезпечує автоматичні, маркерні вимірювання та математичну обробку сигналів. Плата має модернізований вхідний тракт і вузол АЦП, а також можливість синхронізації від обох вимірювальних каналів.

Осцилограф В-221 зареєстрований в Державному реєстрі засобів вимірювань Республіки Білорусь (сертифікат №4962).

Основні технічні характеристики

- Число вхідних вимірювальних каналів - 2
- Ширина пропускання вхідного тракту - 150 МГц
- Вертикальна роздільна здатність - 10 біт
- Відкритий/закритий вхід: 1 МОм, робота зі стандартним виносним дільником
- 7 калібрувальних коефіцієнтів відхилення по вертикалі з кроком 1-2-5:
 - 1) без дільника - 10 мВ/под ... 1 В/под
 - 2) з дільником 1:10 - 100 мВ/под ... 10 В/под

Розгортка

- Макс. частота дискретизації: для одноразових сигналів - 100 Мб/с для повторюваних сигналів - 20 Гб/с
- Коеф. розгортки - 5 нс/справ до 50 мс/под
- Соотв. макс. тимчасові діапазони - 1280 мкс 64 с ...
- Макс. довжина пам'яті на канал - 64 Кб

Синхронізація

- Джерело - внутр.канал1/внутр.канал2/зовн.
- Режими - ждуц./автом./однокр./стоп. Тип входу - відкр./закр.
- Тип входу синхронізації: 1) для внутрішн.-об'явл.; 2) для зовн.відкр./закр.
- Вхід зовн. синхрон. - 1 МОм
- Діапазон частот синхронізації - 0,1 ... 150 МГц
- Реєстрація передісторії

- Затримка запуску реєстрації після спрацьовування синхронізації

Основні програмно-функціональні характеристики

- Програмне забезпечення - для операційних систем Windows XP / 7
 - Автоматичний пошук синхронізації
 - Додаткові функції: 1) Частотомір, 2) Спектроаналізатор
- Автоматичні та маркерні вимірювання 22 параметрів сигналів
- Додаткова математична обробка: згладжування, усереднення
- Можливість використання сигналу в якості постійного фону
- Експорт в формат ASCII

Склад програмного забезпечення

- Програма цифрового осцилографа Oscilloscope
- Драйвер для Windows 98 / NT / 2k / XP
- Приклади використання драйвера для MS Visual C ++

Контрольні питання

1. Що являє собою функціональний комплекс УНІПРО?
2. Які переваги мають інформаційно-вимірювальні системи?
3. Яку сукупність багатофункціональних вимірювальних приладів включає комп'ютерна вимірювальна станція УНІПРО?
4. Чи забезпечує цифровий осцилограф УНІПРО функції аналізатора спектра, частотоміра і цифрового вольтметра?

ЛІТЕРАТУРА

1. Курятников В.В., Кільян А.М. Системи та прилади контролю параметрів довкілля : Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2018. 57 с.
2. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища : Підручник. Київ: Світ, 2003. 288 с.
3. Электрические измерения : Учебник для вузов /Байда Л.И., Добротворский Н.С, Душин Е.М. и др.; Под ред. А.В. Фремке и Е.М. Душина. 5-е изд., перераб, и доп. Ленинград: Энергия. 1980. 392 с.
4. Туричин А.М., Новицкий П.В., Левшина Е.С. и др. Электрические измерения неэлектрических величин. Ленинград: Энергия, 1975. 576 с.
5. Мержеевский А.И., Фокин А.А. Электроника и автоматика в гидрометеорологии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. 383 с.
6. Курятников В.В. Основи електроніки, автоматичної та цифрової техніки. Методичні вказівки для студентів заочної форми навчання за напрямом «гідрометеорологія». Одеса: ОГМІ, 2001. 37 с.
7. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М., Фізичні основи радіометрії та дозиметрії : Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. /ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2008. 34 с.
8. Курятников В.В., Кільян А.М. Радіоекологія : Методичні вказівки до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2002. 35 с.
9. Курятников В.В., Януш Є.О. Визначення похибки вимірювань : Методичні вказівки до лабораторних робіт з фізики. Одеса: ОГМІ, 2000. 35 с.