

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
„УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”

КАФЕДРА ТВЕРДОТІЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

О.І. Чобаль, І.І. Трикур, М.П. Самохвалов, В.М. Різак

# МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

*Лабораторний практикум*



Ужгород – 2023

О.І. Чобаль, І.І. Трикур, М.П. Самохвалов, В.М. Різак. **Методи і засоби захисту інформації: лабораторний практикум.** – Ужгород: ДВНЗ „Ужгородський національний університет”. – 2023. – 80 с.

РЕЦЕНЗЕНТИ:                    начальник Управління державної  
   служби спеціального зв'язку та  
   захисту інформації України в  
   Закарпатській області

**МАРКЕВИЧ П.В.**

доцент кафедри твердотільної  
електроніки та інформаційної  
безпеки ДВНЗ “УжНУ”,  
кандидат технічних наук

**ПРИГАРА М.П.**

У навчально-методичному посібнику для лабораторних робіт з дисципліни „Методи і засоби захисту інформації” наведено мету та завдання лабораторних робіт, а також описи експериментальних установок та короткі теоретичні відомості щодо розглядуваних питань.

Для студентів фізичного факультету УжНУ, що навчаються за освітніми програмами спеціальності 125 Кібербезпека та захист інформації першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Друкується в авторській редакції.

*Навчально-методичний посібник рекомендований до видання на засіданні кафедри  
твердотільної електроніки та інформаційної безпеки  
(протокол № 4 від 17.11.2023 р.)*

© О.І. Чобаль, І.І. Трикур,  
В.М. Різак, 2023

## ЗМІСТ

<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1.</b> Оцінка захищеності виділеного приміщення від витoku інформації акустичним каналом за допомогою комплексу «Ореол-2».....	4
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2.</b> Оцінка захищеності виділеного приміщення від витoku інформації віброакустичним каналом за допомогою комплексу «Ореол-2».....	12
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3.</b> Пошук радіозакладних пристроїв у виділеному приміщенні за допомогою індикаторів електромагнітного поля і частотомірів.....	21
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4.</b> Виявлення радіозакладних пристроїв у виділеному приміщенні за допомогою нелінійного локатора.....	30
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5.</b> Статистичний аналіз завантаження заданого радіодіапазону у виділеному приміщенні за допомогою програмного забезпечення пошукового комплексу «DigiScan EX».....	39
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6.</b> Дослідження амплітудно-частотної характеристики телефонного фільтру «Граніт 10».....	46
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7.</b> Дослідження акустoeлектричних перетворень у допоміжних технічних засобах.....	52
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8.</b> Дослідження амплітудно-частотної характеристики мережевого фільтру ФСП-10.....	59
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9.</b> Дослідження ефекту ВЧ-нав'язування.....	65
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10.</b> Моделювання параметрів електричних фільтрів, що використовуються у якості технічних засобів захисту інформації.....	71

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1**

### **Оцінка захищеності виділеного приміщення від витоку інформації акустичним каналом за допомогою комплексу «Ореол-2»**

#### **1. Мета роботи**

Вивчити порядок застосування комплексу «Ореол-2» при оцінці захищеності огорожувальних конструкцій приміщення від витоку інформації акустичним каналом. Навчитися вимірювати співвідношення сигнал/шум на межі виділеного приміщення та розраховувати коефіцієнти звукоізоляції огорожувальних конструкцій приміщення. Оцінити параметри звукоізолюючих конструкцій для забезпечення захисту мовної інформації у виділеному приміщенні пасивними методами.

#### **2. Короткі теоретичні відомості**

В акустичному технічному каналі витоку мовної інформації джерелом інформації є, як правило, людина або технічний засіб озвучення виділеного приміщення, а середовищем розповсюдження - повітря. Завдання розвідки - отримати мовну інформацію, що захищається. Для цього можуть застосовуватися різні засоби технічної розвідки. Однак, отримання інформації пов'язане з деякими труднощами: огорожувальні конструкції приміщення викликають затухання акустичного сигналу, шумова обстановка в точці знімання інформації може не дозволити розпізнати прийняту мову. Ці фактори враховуються при організації пасивного і активного захисту інформації, відповідно.

Основна ідея пасивних засобів захисту інформації - це зниження співвідношення сигнал/шум у можливих точках перехоплення інформації за рахунок зниження рівня інформативного сигналу. Для цього при виборі огорожувальних конструкцій при проектуванні приміщень необхідно керуватися наступними правилами:

- в якості перекриттів рекомендується використовувати акустично неоднорідні конструкції;
- стелі доцільно виконувати підвісними, звукопоглинальними із звукоізолюючим шаром;
- в якості стін і перегородок переважно використання багатошарових акустично неоднорідних конструкцій з пружними прокладками (гума, корок, ДВП, МДФ і т.п.);
- застосовувати потрійне скління вікон на двох рамах, що закріплені на окремих коробках. При цьому на зовнішній рамі встановлюються склопакети, а між коробками укладається звукопоглинальний матеріал;
- в якості дверей доцільно використовувати подвійні двері з тамбуром, при цьому дверні коробки повинні мати вібраційну розв'язку один від одного.

Основну небезпеку, з точки зору можливості витоку інформації акустичним каналом, представляють різні будівельні тунелі та коробки, призначені для здійснення вентиляції та розміщення різноманітних комунікацій, оскільки вони є акустичними хвилеводами.

У разі недостатньої акустичної ізоляції огорожувальних конструкцій приміщення (стін, перегородок, що обмежують приміщення, дверей) застосовуються методи активного захисту, що дозволяють погіршити співвідношення сигнал/шум у точці імовірного знімання інформації за рахунок створення фонового шуму. Як правило, це спеціально розроблені пристрої. Це можуть бути генератори шуму, генератори мовоподібної перешкоди, словом ті пристрої, які за допомогою акустичних випромінювачів забезпечують таку шумову обстановку в місці можливого знімання інформації, що отримання осмисленої інформації стає просто неможливим.

Акустичні випромінювачі можуть розташовуватися в тамбурах входних дверей (у випадку, якщо тамбури не забезпечують необхідного згасання рівня інформативного

сигналу), в суміжних приміщеннях (якщо перегородки також не задовольняють вимогам звукоізоляції), у повітряних каналах і вентиляційних коробах, в місці виходу яких з приміщення, що захищається, можливе знімання інформації. У даній роботі застосовується методика інструментально-розрахункової оцінки захищеності приміщень від витоку мовної конфіденційної інформації акустичними каналами.

Метод оцінки захищеності приміщення від витоку мовної інформації акустичним каналом полягає у визначенні коефіцієнтів звукоізоляції огорожувальних конструкцій (ОК) в октавних смугах частот з середніми частотами 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц і подальшим співставленням отриманих коефіцієнтів з їх нормативними значеннями.

### **3. Опис апаратно-програмного комплексу «Ореол-2»**

#### *Режим "Вимірювання"*

Режим "Вимірювання" призначений для проведення акустичних вимірювань, виведення результатів вимірювань на екран монітора та запису їх у файл з метою подальшого аналізу та обробки.

Файл є унікальним і формується з шести пар цифр, що представляють собою, зліва направо, дату (день, місяць, рік) та час (години, хвилини, секунди) проведення першого вимірювання, записаного в файл. Файли розташовуються в папці C:\Oreol\_2\DATA. При переході в режим "Вимірювання" відкривається вікно "Вимірювання", яке містить кнопки "Пуск", "Тест", "Стоп", "Файл", "Вихід", а також вкладки "Параметри" і "Результати вимірювань".

Вкладка "Результати вимірювань" містить:

- поля "Октавні смуги" і "Третиннооктавні смуги" - для індикації результатів вимірів в октавних і третиннооктавних смугах;

- поле "Файл" - для індикації імені файлу результатів вимірювань;
- поле "Номер вимірювання" - для індикації номера останнього вимірювання, результати якого записані у файл результатів вимірювань;
- поле "Лічильник перевантажень" - для індикації результатів контролю спотворення сигналу, що надходить на "лінійний вхід" звукової карти ПЕОМ.

Умовні позначення в полях "Октавні смуги" і "Третиннооктавні смуги" означають наступне:

$F$  - середня частота октавної або третиннооктавних смуг (Гц);

$N$  - рівень шуму в октавної або третиннооктавній смузі (дБ);

$R_k$  - затухання тестового сигналу у вимірюваному тракті (дБ);

$S_N$  - відношення "сигнал / шум" (дБ);

$A_p$  - формантна розбірливість в смузі (%);

$L_a$  - інтегральний рівень шумів по кривій А (дБА);

$A_f$  - сумарна формантна розбірливість (%);

$A_s$  - силабічна розбірливість (%).

Вкладка "Параметри" містить поле "Коментар" і 5 елементів вибору для завдання параметрів вимірювання. Для присвоєння якому-небудь параметру вимірювання одного з його допустимих значень, необхідно натиснути лівій кнопці, кої миші по відповідному елементу вибору, а потім у списку, що відкрився клацнути лівою кнопкою миші по вибраному рядку.

Елемент вибору "Рівень ІТ" призначений для задання рівня сигналу, який випромінюється акустичною системою. 0 дБ відповідає нормальному, а 10 дБ - підвищеному рівню сигналу.

Елементи вибору "Підсилення БН" і "Датчик" призначені відповідно для задання посилення БН і типу використовуваного датчика (мікрофон, акселерометр).

Елемент вибору "Час вимірювання" призначений для задання часу проведення одноразового вимірювання від 2 до 30 секунд з кроком 2 секунди. При часі вимірювання більше 2 секунд

результатом вимірювання є усереднене значення результатів декількох двосекундних вимірювань, що забезпечує підвищення достовірності результату вимірювання.

Для запобігання спотворення сигналу, що надходить з БН на "лінійний вхід" звукової карти ПЕОМ, в процесі вимірювання здійснюється контроль рівня цього сигналу з індикацією числа перевищень допустимого рівня в полі "Лічильник перевантажень". Якщо лічильник перевантажень не дорівнює 0, то в кінці вимірювання видається повідомлення про перевантаження з наданням оператору можливості вибору запису або відмови від запису результатів вимірювання у файл. Видача цього повідомлення може бути заблокована за допомогою елемента вибору "Повідомлення про перевантаження".

Для усунення причини виникнення перевантаження необхідно зменшити посилення БН і встановити час вимірювання, що дорівнює 2 секунди. При цьому якщо перевантаження зберігається і при посиленні БН, що дорівнює 0 дБ, то вірогідність результатів вимірювання забезпечується тільки в, тому випадку, якщо значення лічильника перевантажень не перевищує 300.

Поле "Коментар" призначено для введення перед виконанням чергового вимірювання довільної текстової інформації, яка доповнює параметри виміру (наприклад, назва приміщення, місце розташування датчика і т.д.). Обсяг інформації, що вводиться обмежений 255 символами, включаючи символи "пробіл" і "повернення каретки". Активізація поля "Коментар" здійснюється клацанням лівої кнопки миші по цьому полю або переміщенням за допомогою клавіші "Tab" штрихового маркера в це поле. Введення, редагування, вставка і видалення інформації в полі "Коментар" здійснюється також як у редакторі Word.

Під час запису результатів вимірювання в файл вміст поля „Коментар” і значення параметрів вимірювання також записуються у файл.



#### 4. Проведення вимірювань за допомогою комплексу «Ореол-2»

Для проведення вимірювання необхідно послідовно виконати наступні дії:

- підготувати комплекс до роботи згідно з описом, що наведений у попередньому розділі;
- за допомогою елементів вибору "Рівень ІТ" та "Підсилення БН" задати значення однойменними параметрами, які відповідають положенням перемикачів "Рівень дБ" на ІТ та "Підсилення дБ" на БН;
- за допомогою відповідних елементів вибору задати тип датчика час вимірювання, а також, при необхідності, ввести в поле "Коментар" потрібну інформацію;
- натиснути кнопку "Пуск" або "Тест". При цьому всі кнопки, за виключення кнопки "Стоп", на час проведення вимірювання стають недоступними. Якщо було встановлено час вимірювання більше 2 секунд, то на вкладці "Результати вимірювань" на час проведення вимірювання з'являється індикатор, який показує процентному відношенні, яка частина вимірювання виконана.

По завершенні процесу вимірювання на екрані монітора відображаються результати вимірювання та значення лічильника перевантажень. Крім того, якщо запуск вимірювання здійснювався кнопкою "Пуск", то результати і параметри виміру записуються у файл, ім'я якого відображається в полі "Файл", а вміст поля "Номер вимірювання" збільшується на 1. Дії, описані в попередньому реченні, не будуть виконуватися тільки в тому випадку, якщо в кінці виміру було видане повідомлення про перевантаження і оператор відмовився від запису результатів вимірювання у файл.

Якщо запуск вимірювання здійснювався кнопкою "Тест", то в файл результатів вимірювань нічого не пишеться, вміст поля "Номер вимірювання" не змінюється, але з'являється зелена мітка

"Тест", яка вказує на те, що останнє вимір проведено по кнопці "Тест". Мітка "Тест" зникає, коли першого вимірювання, проведеного по кнопці "Пуск". Необхідно також відзначити, що натискання кнопки "Тест" блокує видачу повідомлення про перевантаження на час проведення поточного вимірювання незалежно від стану елемента вибору "Повідомлення про перевантаження".

Процес вимірювання, при необхідності, може бути перерваний натисканням кнопки "Стоп". При цьому на екрані монітора після припинення процесу вимірювання в полях "октавні смуги", "третиннооктавні смуги" і "Лічильник перевантажень" відображаються результати останнього вимірювання, виконаного після натискання кнопки "Пуск" або "Тест".

Для завершення накопичення результатів вимірювань в поточний файл і почала накопичення результатів вимірювань в новий файл, необхідно послідовно натиснути кнопки "Файл" і "Пуск".

Якщо в результатах вимірювань значення відношення "сигнал/шум" ( $S_N$ ) менше мінус 10 дБ, то для отримання достовірних результатів вимірювань необхідно на ПГ встановити перемикач "Рівень дБ" у положення "10", у вікні "Вимірювання" встановити "Рівень ПГ" в значення "10 дБ" і накопичувати результати наступних вимірювань в новий файл. При натисканні кнопки "Вихід" здійснюється повернення у вікно "Ореол-2".

Примітка - Для підвищення достовірності результатів вимірювань рекомендується задавати час одноразового вимірювання не менше 12 секунд або для кожного контрольної точки проводити не менше 6 двосекундних вимірювань з подальшим усередненням результатів цих вимірювань в режимі "Перегляд та обробка результатів вимірювань".

## **5. Завдання до лабораторної роботи:**

5.1. Вивчити особливості заданої огорожувальної конструкції (ОК). Оцінити їх можливий вплив на ступінь звукоізоляції.

5.2. Підготувати комплекс «Ореол-2» для проведення акустичних вимірювань.

5.3. Провести вимірювання ступеня звукоізоляції заданої огорожувальної конструкції.

5.4. Оформити протокол контролю і дати рекомендації щодо усуненню дефектів огорожувальної конструкції і/або застосування додаткових заходів захисту.

## **6. Контрольні питання**

6.1. Чим принципово відрізняються методи пасивного і активного захисту мовної інформації?

6.2. Чому рівні фонового шуму в контрольній точці необхідно вимірювати в умовах мінімальної зашумленості: за відсутності транспорту, персоналу і т.д.?

6.3. Чому при проведенні вимірювань суворо обумовлюються відстань між елементами вимірювального тракту (акустичної системи, огорожувальних конструкцій і мікрофоном)?

6.4. Що являє собою сферична звукова хвиля?

6.5. Як поділяються шуми за типом обвідної амплітудно-частотного спектра?

6.6. Як поділяються шуми в залежності від ширини частотного спектру?

6.7. Що називають звуковим маскуванням?

6.8. Що розуміють під розбірливістю мови?

6.9. Яким виразом визначається звукоізоляція перегородки?

6.10. Який робиться висновок, якщо хоча б один з октавних коефіцієнтів звукоізоляції  $Q_i$  є меншим, ніж нормоване значення?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

### Оцінка захищеності виділеного приміщення від витоку інформації віброакустичним каналом за допомогою комплексу «Ореол-2»

#### 1. Мета роботи

Вивчити порядок застосування комплексу «Ореол-2» при оцінці захищеності огорожувальних конструкцій приміщення від витоку інформації віброакустичним каналом. Навчитися вимірювати співвідношення сигнал/шум на огорожувальних конструкціях виділеного приміщення та розраховувати коефіцієнти звукоізоляції огорожувальних конструкцій приміщення. Оцінити параметри звукоізолюючих конструкцій для забезпечення захисту мовної інформації у виділеному приміщенні пасивними методами.

#### 2. Короткі теоретичні відомості

Людська мова, яка передається акустичними хвилями, являє собою механічні коливання повітряного середовища. Потрапляючи на тверді поверхні (стіни, перегородки, труби систем опалення і т.д.), вони перетворюються в так званий «структурний звук» - механічні коливання в твердому тілі. Механічні коливання стін, перекриттів, трубопроводів і т.п. передаються на значні відстані зі слабким згасанням і добре перехоплюються прийомними пристроями.

Поширення «структурних хвиль» в інженерних конструкціях будівлі характеризується:

- згасанням внаслідок їх розбіжності і поглинанням (переходу енергії в тепло);
- відбиванням на межах поділу середовищ (наприклад, складові стіни з різного матеріалу, місця розгалуження, кути) і т.п.;

- перетворенням типів хвиль (наприклад, з поперечних в поздовжні);
- випромінюванням у повітряне середовище.

Небезпека віброакустичного каналу витоку мовної інформації полягає у великій і непередбачуваній дальності поширення звукових хвиль, що перетворені в структурні коливання елементів інженерних комунікацій. Експериментальні дослідження показали можливість перехоплення мовної інформації з високою якістю в будівлях із залізобетону через один - два поверхи (загасання 0,1-0,15 дБ/м), по трубопроводах - через два-три поверхи (загасання 5-15 дБ/поверх).

Одночасно з цим слід зазначити, що знімання інформації за допомогою віброакустичного каналу, як правило, неможливе без використання спеціальних технічних засобів, наприклад, стетоскопів.

Віброприймач, з'єднаний з електронним підсилювачем називають електронним стетоскопом. Електронний стетоскоп дозволяє здійснювати прослуховування мови за допомогою головних телефонів та її запис на диктофон. Перехоплення інформації через віброакустичний канал також можливе з використанням закладних пристроїв. В основному для передачі інформації використовується радіоканал, тому такі пристрої часто називають радіостетоскопами. Можливе використання закладних пристроїв з передачею інформації по оптичному каналу в ближньому інфрачервоному діапазоні довжин хвиль, а також з ультразвукового каналу (з інженерних комунікацій).

Окремим випадком віброакустичного каналу можна вважати оптико-електронний канал витоку інформації. Джерелом інформації в цьому випадку є механічні коливання стекол вікон приміщення. За допомогою так званих лазерних мікрофонів мовна інформація зі стекол може бути отримана на відстанях до сотень метрів. Очевидно, що внутрішні скла вікна приміщення мають більшу амплітуду коливань, ніж зовнішні, однак знімання

інформації з них складніше. Тому на даний час не існує чіткого розуміння про ступінь небезпеки внутрішніх і зовнішніх стекел в плані знімання інформації, отже, їх захист здійснюється однаковим чином.

Шуми і перешкоди, наявні в місці можливого знімання інформації, викликаються чисельними джерелами - автомобільним транспортом, роботою механічних пристроїв, технічних засобів у приміщеннях, розмовами в суміжних приміщеннях і т.п.

Методи захисту мовної інформації від витоку віброакустичними та акустичними каналами засновані на зменшенні співвідношення сигнал/шум у точці ймовірного знімання інформації. При цьому розрізняють пасивні та активні методи.

Пасивні методи спрямовані на зменшення рівня інформативного сигналу за рахунок поліпшення віброізоляції інженерних конструкцій. Активні методи засновані на збільшенні рівня шуму по відношенню до природного (фонового) і реалізуються за допомогою технічних засобів, основу яких складають різні генератори шуму, що формують віброшум в огорожувальних конструкціях або інженерних комунікаціях.

У даній роботі застосовується методика інструментально-розрахункової оцінки захищеності приміщень від витоку мовної конфіденційної інформації з віброакустичним каналами.

Метод оцінки захищеності приміщення від витоку мовної інформації по віброакустичним каналами полягає у визначенні коефіцієнтів віброізоляції огорожувальних конструкцій в октавних смугах частот із середніми частотами 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц і подальшим зіставленням отриманих коефіцієнтів з їх нормативними значеннями.

### 3. Методика спеціальних досліджень віброакустичного каналу витоку інформації

На рис. 2.1 показано типове виділене приміщення з типовим набором елементів, що утворюють потенційні канали витоку акустичної та віброакустичної інформації (дверні та віконні прорізи, вентиляція, система опалення).

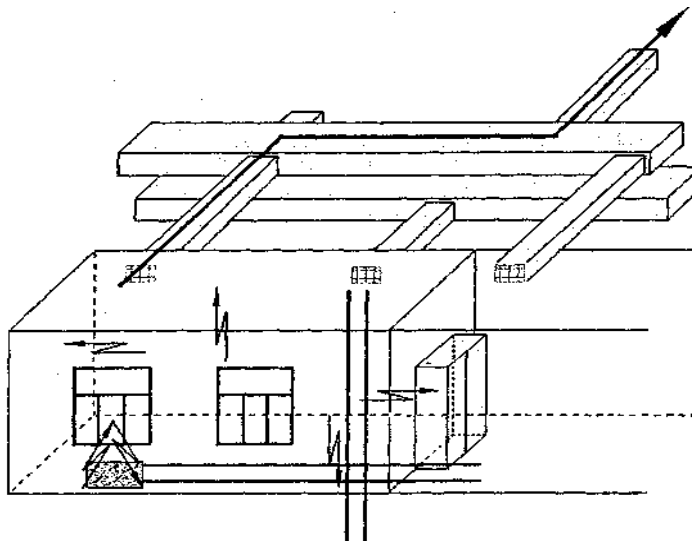


Рис. 2.1. Схема виділеного приміщення

Стрілками показано деякі з потенційних напрямів можливого витоку мовної інформації. Відповідно до цього необхідно проводити вимірювання власне огорожувальних конструкцій (стін, перекриттів стелі та підлоги) по акустичному та віброакустичному каналу. Для акустичних вимірів елементи вимірювального комплексу розміщуються, штатно - випромінювач тест-сигналу (акустична колонка) на відстані 1,0 м від конструкції (по нормалі до неї) на висоті 1,5 м від підлоги, перший мікрофон на 0,5 м від ОК, другий за нею, також в 0,5 м від ОК. Коли є впевненість, що в ОК немає «слабких» місць, достатньо одного, двох вимірів уздовж стіни. Якщо є підозри на тріщини, проходи (отвори) і т.д. необхідно збільшувати число контрольних точок.

Аналогічно виконуються вимірювання по віброакустичному каналу, в тому числі і при оцінці ефективності систем активного захисту. В останньому випадку треба мати на увазі, що необхідно

контролювати окремо кожен елемент ОК, наприклад кожен окрему плиту перекриття підлоги (стелі) або окремі конструкції стін (наприклад, окремі бетонні плити). Розміщуючи акселерометр, обов'язково звернути увагу на те, що при будь-яких віброакустичних вимірюваннях він повинен розміщуватися на поверхні основної несучої конструкції (бетоні, цеглі і т.д.). Вимірювання, при розміщенні акселерометра на „поганій” штукатурці, побілці, шпалерах, лінолеумі і т.д. дають недостовірні результати та є недопустимими.

Контрольні точки вибираються в найбільш небезпечних місцях з точки зору перехоплення інформації. Вибір місця розташування контрольних точок проводиться згідно таких правил:

- На підвідних трубопроводних комунікаціях до виділеного приміщення контрольні точки розташовуються на відстані 0,3 - 0,5 м від місця її виходу із досліджуваного приміщення. Якщо це неможливо, то необхідно знайти найближчу до приміщення доступну для знімання інформації точку.

- За наявності вентиляційного короба, що підводиться до приміщення, дві-три контрольні точки розташовуються на поверхні повітропроводу на відстані 0,3 - 0,5 м від місця виходу з досліджуваного приміщення.

- На суцільній однорідній огорожувальній конструкції (стіна, перекриття) контрольні точки розташовуються відповідно до рис. 2.2, за діагоналлю від центру до кута з кроком 0,3 ... 1 м. Крайні точки розташовуються на відстані не менше 0,25 м від кутів ОК.

- На суцільній неоднорідній ОК, наприклад стіні, окремі ділянки якої мають різну товщину або виконані з різних матеріалів, контрольні точки розташовуються відповідно до попередньої рекомендації по відношенню до кожної однорідної ділянки.

- На віконному склі контрольні точки розташовуються відповідно до рис. 2.2 для кожної рами вікна і кожної заклоєної ділянки.



▫ На дверях контрольні точки розташовуються відповідно до рис. 2.2, а також на поверхні коробки дверей по її периметру.

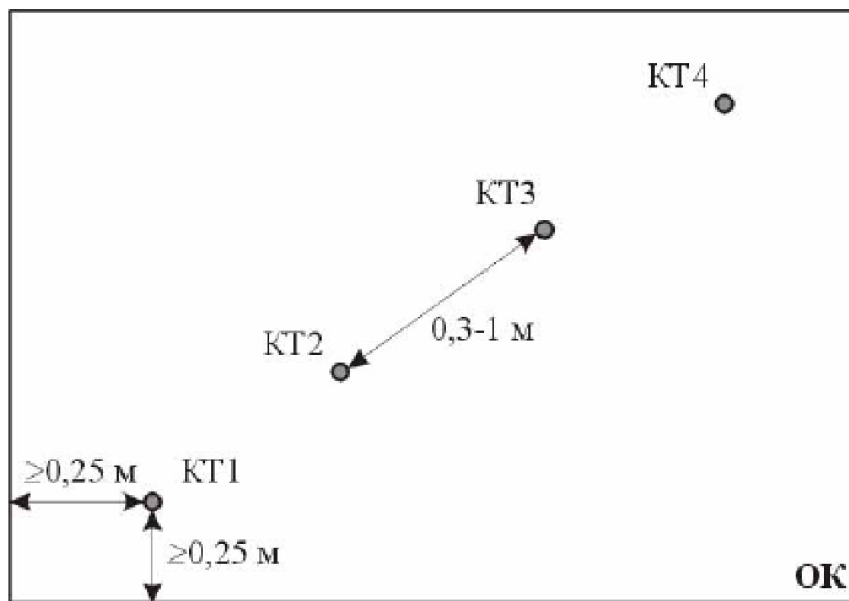


Рис. 2.2. Схема розташування контрольних точок на однорідній ділянці огорожувальної конструкції.

Датчик закріплюється по можливості напроти дифузора динаміка акустичної системи, перпендикулярно йому. У випадку з віконним склом, датчик необхідно прикріпити в центрі найбільшого скла зсередини приміщення і встановити АС по можливості на висоті вібродатчика. Кріплення вібродатчика на ОК має бути механічно жорстким. Для цього в комплект комплексу входять різні кріпильні елементи: хомут для кріплення вібродатчика на труби системи опалення та водопостачання, поверхня для кріплення на віконне скло, шпильки з різьбою для стін (рис. 2.3). На хомуті для труб та дюбелі вібродатчик закріплюється різьбовим з'єднанням. Для прикріплення вібродатчика до скла необхідно закріпити на нього поверхню для кріплення на віконне скло, нанести на поверхню небагато бджолиного воску, розігріти віск за допомогою запальнички або сірника, і поки віск не охолов приклеїти поверхню разом з вібродатчиком до скла в обраній контрольній точці.

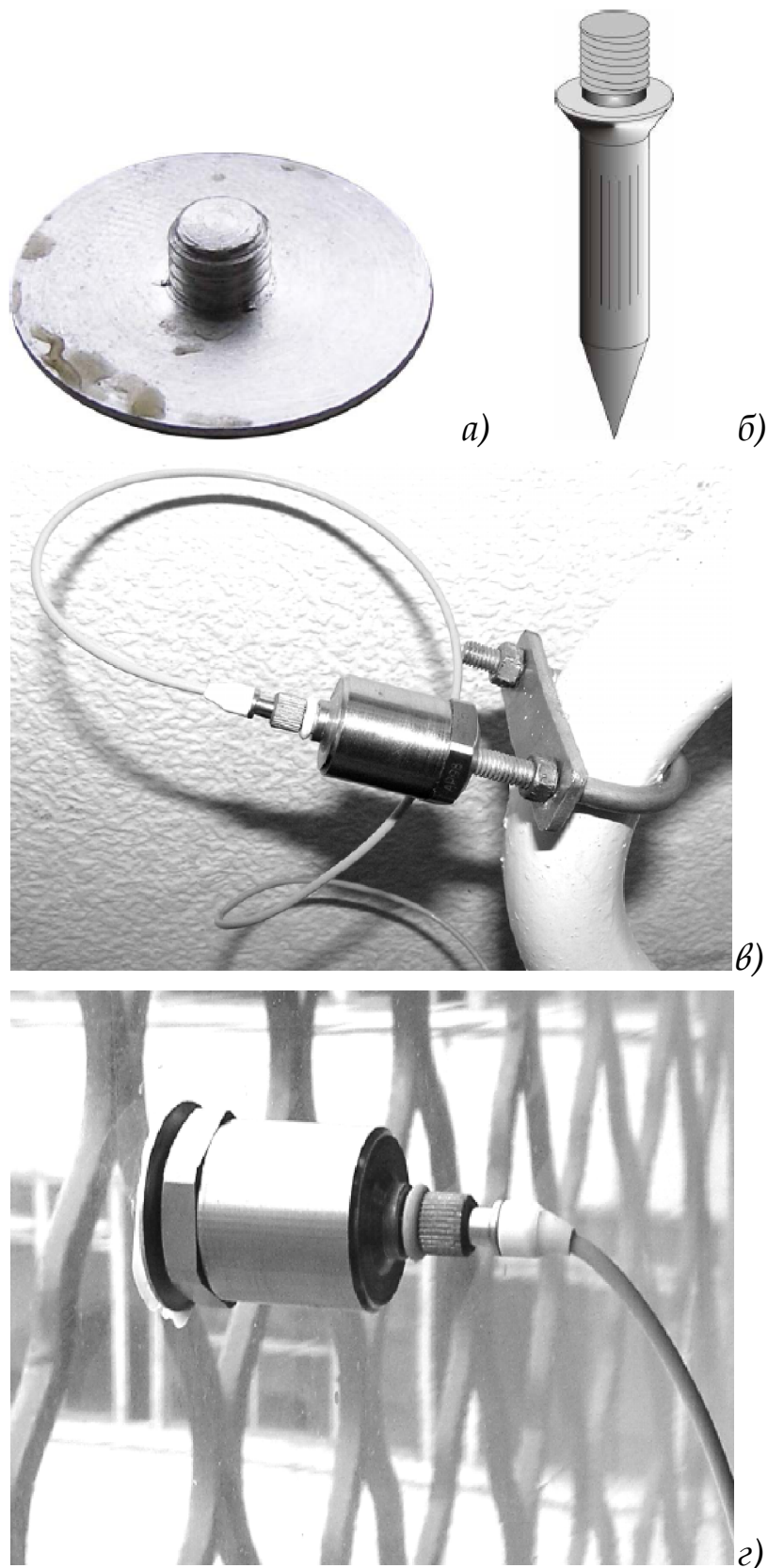


Рис. 2.3. Кріпильні елементи (а,б) та варіанти прикріплення вібрдатчиків на труби системи опалення (в) та віконне скло (г).

#### **4. Завдання до лабораторної роботи:**

4.1. Вивчити особливості заданої огорожувальної конструкції (ОК). Оцінити їх однорідність, товщину та вибрати число віброакустичних вимірювань.

4.2. Підготувати комплекс «Ореол-2» для проведення віброакустичних вимірювань.

4.3. Провести вимірювання ступеня віброізоляції заданої огорожувальної конструкції згідно методики спеціальних досліджень.

4.4. Оформити протокол контролю і дати рекомендації щодо усуненню дефектів огорожувальної конструкції і/або застосування додаткових заходів захисту (пасивних або активних).

#### **5. Контрольні питання**

5.1. Якими особливостями характеризується поширення звукових коливань в інженерних конструкціях?

5.2. Яким чином здійснюється знімання мовної інформації через віброакустичний канал

5.3. Чи залежить спектральний склад віброшуму в контрольній точці від механічної жорсткості досліджуваної огорожувальної конструкції?

5.4. Назвіть найбільш відомі генератори акустичного і віброакустичного маскуючого шуму.

5.5. Мета проведення технічного контролю акустичної захищеності виділеного приміщення.

5.6. В яких місцях проводиться технічний контроль акустичної захищеності виділеного приміщення?

5.7. Що передбачає інструментальний контроль акустичної захищеності виділених приміщень?

5.8. Який сигнал необхідно використовувати в якості тестового при віброакустичному інструментальному контролі?

5.9. Вимоги до вибору контрольних точок для віброакустичних вимірювань при перевірці виконання норм

протидії технічній розвідці, якщо через кордон контрольованої зони проходять комунікації інженерно-технічних систем.

5.10. На чому базується чинна методика вимірювань акустичних та віброакустичних характеристик різних середовищ?

5.11. Як визначається реальне загасання сигналу в віброакустичному каналі витоку мовної інформації?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3**

**Пошук радіозакладних пристроїв у виділеному приміщенні за допомогою індикаторів електромагнітного поля і частотомірів**

### **1. Мета роботи**

Вивчити методику пошуку радіозакладних пристроїв із використанням індикаторів електромагнітного поля та нелінійного локатора; провести пошук радіозакладок, що знаходяться в увімкненому і вимкненому станах.

### **2. Короткі теоретичні відомості**

Для виявлення радіозакладок застосовують індикатори електромагнітного поля, частотоміри, нелінійні локатори, рентгенотелевізійну апаратуру та спеціальні скануючі приймачі. З їх допомогою здійснюється пошук і фіксація робочих частот радіозакладок, а також визначається їх місцезнаходження.

Якщо радіозакладки вимкнені у момент пошуку і не випромінюють сигнали, то для їх пошуку, а також для пошуку мікрофонів підслуховуючих пристроїв і мінімагнітофонів, застосовують спеціальну рентгенівську апаратуру і нелінійні локатори, випромінювання яких проникають крізь стіни, стелі, підлоги, меблі, портфелі- у будь-яке місце, де можуть бути заховані радіозакладка, мікрофон, магнітофон.

У тих випадках, коли немає приладів або немає часу на пошук радіозакладок, можна користуватися генераторами перешкод для придушення закладочних пристроїв.

До засобів оперативного контролю, тобто засобів виявлення факту використання радіозакладки, а іноді і її локалізації, відносяться індикатори або детектори поля, частотоміри і деякі пошукові приймачі. Основна їх перевага - здатність виявляти джерела випромінювання або передавальні пристрої незалежно від

типу застосовуваної в них модуляції. Принцип пошуку полягає у виявленні максимуму рівня випромінювання в приміщенні.

### 3. Класифікація та особливості експлуатації індикаторів електромагнітного поля

Найпростіший індикатор складається із ненаправленої антени лінійної поляризації, широкосмугового радіопідсилювача, амплітудного детектора і порогового пристрою, що дозволяє виявляти працючі радіозакладки, які використовують для передачі інформації практично будь-які види сигналів (рис. 3.1).

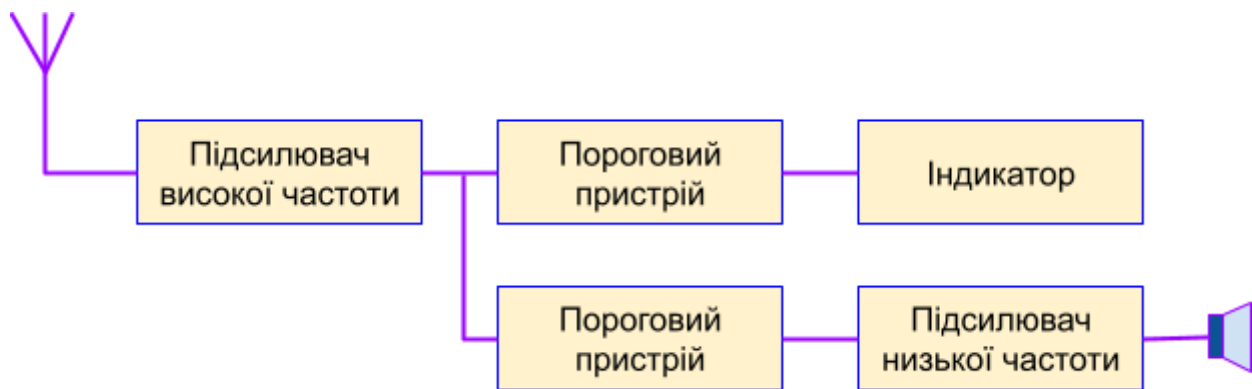


Рис. 3.1. Структурна схема індикатора електромагнітних випромінювань

Прилад реєструє інтегральний рівень електромагнітних випромінювань в місці прийому. У випадку, коли поточне значення перевищить встановлений поріг, що відповідає природному рівню зовнішніх випромінювань (фону), спрацює світлова або звукова сигналізація. Радіозакладку можна виявити в тому випадку, якщо інтенсивність створюваного нею електромагнітного поля, перевищує рівень фону. Для підвищення здатності виявляти радіозакладки у індикаторах ЕМ поля застосовують атенюатори, смугові та режекторні фільтри, що налаштовані на частоти потужних зовнішніх джерел, які

використовуються для нейтралізації впливу місцевих телевізійних і радіомовних станцій.

Введення в схему індикатора підсилювача низької частоти і гучномовця дає можливість виділити на тлі зовнішніх сигналів тестовий акустичний сигнал, тобто реалізувати «акустичну зав'язку», суть якої полягає в наступному. Модульоване тестовим звуковим сигналом випромінювання приймається антеною індикатора, детектується і після посилення надходить на вхід динаміка. Між мікрофоном радіозакладки і динаміком індикатора встановлюється позитивний зворотний зв'язок, що виявляється у вигляді характерного звукового сигналу, який нагадує свист.

Індикатори електромагнітних випромінювань характеризуються такими параметрами:

- робочий діапазон частот;
- чутливість (щодо напруженості електромагнітного поля);
- радіус виявлення закладки із відомої потужністю радіопередавача;
- межі регулювання порогу чутливості, методи її підвищення;
- наявність режиму «акустичної зав'язки»;
- тип індикації;
- можливість прослуховування інформації, яку передає радіозакладка;
- тип джерела електроживлення і час безперервної роботи від нього в режимах виявлення та пошуку;
- габарити, маса, конструкція.

Класифікація індикаторів електромагнітного поля за функціональними можливостями наведена на рис. 3.2. Єдиною функцією малогабаритних індикаторів поля є включення індикації при перевищенні рівня електромагнітного поля деякого раніше встановленого значення (порогу). Індикація таких приладів, як правило, має сенс – «так/ні».

Деякі індикатори мають регулятор чутливості, за допомогою якого встановлюється поріг чутливості. Такі індикатори можуть

застосовуватися для виявлення джерел безперервного електромагнітного випромінювання в ближній зоні (1 ... 2 м).

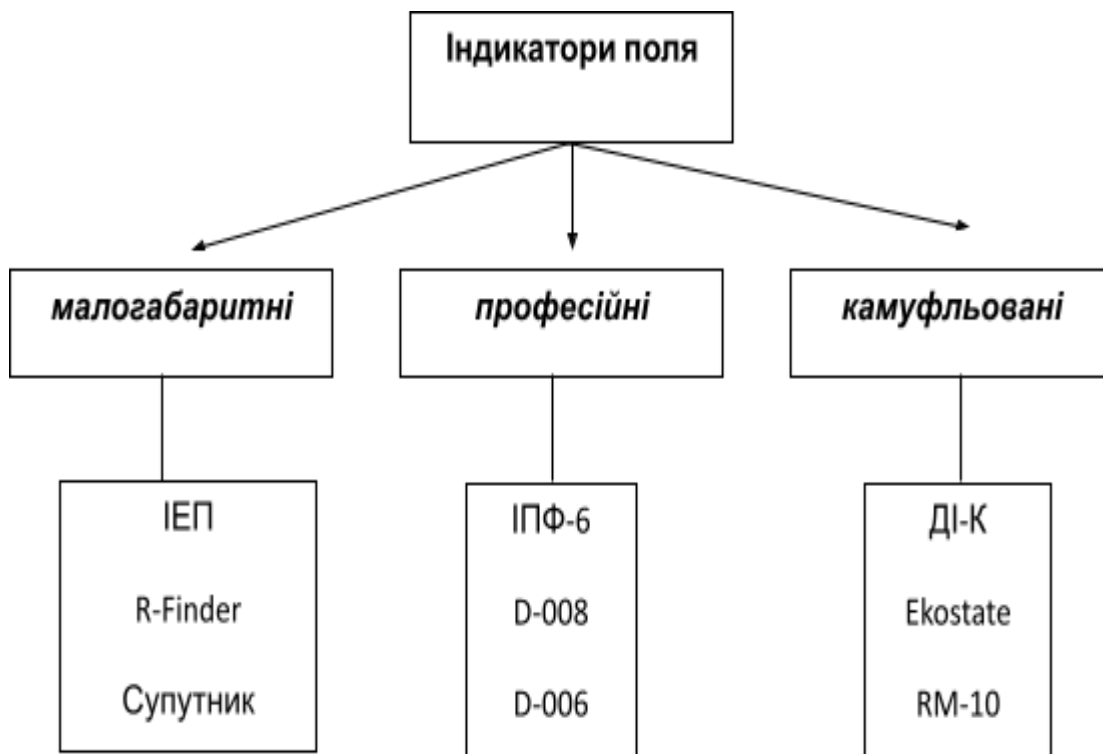


Рис. 3.2. Класифікація та приклади індикаторів електромагнітного поля

Недоліками є низькі технічні показники, а також відсутність режимів ідентифікації джерела сигналу (акустозав'язки, вимірювання рівня сигналу, вимірювання частоти), невисока чутливість. Можуть застосовуватися для грубої локалізації джерел випромінювання.

Професійні індикатори призначені для проведення пошукових заходів, для пошуку та локалізації джерел електромагнітних випромінювань. Володіють високими технічними характеристиками, широкими функціональними можливостями. Мають режим акустичної зав'язки, регулятор чутливості, смугові фільтри, мають високу чутливість, деякі мають можливість вимірювання частоти. Дозволяють вимірювати рівень сигналу, що знаходиться в ближній зоні, мають тональну індикацію



рівня сигналу «тепло/холодно». Володіють найбільшими перевагами в порівнянні з іншими типами індикаторів поля. Недоліком є висока ціна.

Камуфльовані індикатори призначені для прихованого застосування. Їх основною особливістю є те, що ці прилади виконані у вигляді звичайних предметів, які застосовуються в повсякденній діяльності зі збереженням їх основних можливостей. Використання таких індикаторів не викликає підозри. Вони володіють хорошими технічними характеристиками, високою чутливістю. Деякі мають приховану індикацію («ДІ-К», «Супутник»). Перевагою є скритність застосування, недоліком - відсутність можливості ідентифікувати джерело сигналу. В таблиці 3.1 наведено основні характеристики та функціональні можливості сучасних індикаторів електромагнітного поля.

Таблиця 3.1. *Функціональні можливості індикаторів електромагнітного поля*

Модель	Діапазон частот, МГц	Акусто-зав'язка	Індикація	Примітка
D006	50...1000	Є	Світлодіодна шкала, звукова індикація з можливістю вимикання	
D008	50...1500	Є	Світлодіодна шкала, звукова індикація	Суміщений з приймачем для перевірки провідних комунікацій (до 500 В, 0.05 ... 7 МГц)
PT022	30...1500	Є	Стрілочний індикатор, звукова індикація	Вбудовані смугові та режекторні фільтри

PT025	30...1500	Є	РК-дисплей, звукова індикація	Аналог РТ022 + вбудований частотомір
RM-10	80...800	Нема	Світлова індикація, звукова індикація з можливістю вимикання	Можливість прихованого носіння (портмоне)
ІПФ-6	30...2500	Є	РК-дисплей, звукова індикація	Смугові, режекторні фільтри, вбудований частотомір
Спутник	200...2000	Нема	звукова індикація, віброіндикація	Закамуфльований у вигляді брелока автомобільної сигналізації
Ekostate	30...3000	Нема	звукова індикація	Закамуфльований в авторучці
ІЕП	60...1500	Нема	Світлова та звукова індикація	Виконаний у вигляді брелока, має сторожовий режим
R-Finder	20...1500	Нема	Світлова та звукова індикація	Виконаний у вигляді брелока
ДИ-К	60...3000	Нема	Прихована світлова індикація	Закамуфльований в настільному годиннику

*Індикатор радіовипромінювання IPROTECT 1205* діапазону 50 ... 8000 МГц (рис. 3.3) виготовлений у вигляді авторучки. Прилад має звукову і світлову індикацію, а також три режими роботи: нормальний, вібраційний і аудіо (демодуляція). Чутливість приладу дозволяє виявляти мобільний телефон у режимі передачі або радіозакладний пристрій на відстані до 5 м. Прилад живиться від двох батарей типу ААА. Час безперервної роботи складає близько 10 год.

Індикатор електромагнітного поля *IPROTECT 1207i* (рис. 3.3) представляє собою професійний електронний прилад, призначений для світлової та звукової індикації наявності і відносного рівня електромагнітного випромінювання в діапазоні частот від 850 МГц до 7 ГГц. Пошуковий прилад нового покоління, дозволяє виявляти і локалізувати передавачі, що використовують сучасні цифрові протоколи радіозв'язку GSM, CDMA, WCDMA, 3G, DECT, Bluetooth, Wi-Fi, Wi-Max. Широкий діапазон частот, роздільні радіоканали з преселекторами високої чутливості і вибіркової, цифрова обробка сигналу та ідентифікація протоколу дозволяють виявляти технічні канали витоку інформації, виявлення яких було не під силу детекторам попереднього покоління.



Рис. 3.3. Індикатори електромагнітного випромінювання *IPROTECT 1205* та *IPROTECT 1207i*

*Індикатор радіовипромінювання «Супутник» виконаний у вигляді брелока автомобільної сигналізації. Діапазон робочих частот становить: 200 ... 2000 МГц. Має приховану віброіндикацію, а також звукову сигналізацію з можливістю вимикання. Індикатор дозволяє виявляти малогабаритні радіопередавачі потужністю 5 мВт на відстані 1 ... 2 м. Прилад живиться від літієвої батареї 3V Lithium CR2032.*

*Детектор випромінювань ДІ-К, розміщений в корпусі настільних електронних годинників із вбудованим приймачем, має необмежений час безперервної роботи, бо живиться від мережі 220 В. У діапазоні частот 60 ... 3000 МГц здатний виявити джерело радіовипромінювання потужністю до 1 мВт, що передає сигнали з АМ, FM, РМ і SSB модуляцією, на відстані від 2 до 8 м. Діапазон частот приладу також дозволяє виявляти мобільні телефони в режимі передачі на відстані кількох метрів. Прилад має приховану світлову індикацію (двокрапка електронних годин починає блимати, якщо рівень сигналу в ближній зоні перевищив встановлений поріг).*

#### **4. Завдання до лабораторної роботи:**

4.1. Проведіть пошук замаскованої радіозакладки у виділеному приміщенні, використовуючи індикатори електромагнітного поля і частотомір.

4.2. При ідентифікації радіозакладки визначте, до якого типу вона відноситься і в якому стані перебуває – увімкненому чи вимкненому.

4.3. Якщо виявлена Вами радіозакладка перебуває у працюючому стані, то визначте характеристики її електромагнітного випромінювання.

4.4. Зробіть висновки.

#### **5. Контрольні питання.**

5.1. Наведіть визначення закладного пристрою.

5.2. Перелічіть демаскуючі ознаки автономних некамуфльованих акустичних закладок.

5.3. Перелічіть демаскуючі ознаки напівактивних акустичних радіозакладок.

5.4. Які технічні засоби використовують для виявлення працюючих радіозакладок?

5.5. Які технічні засоби використовують для виявлення вимкнених радіозакладок?

5.6. Поясніть принцип роботи нелінійного радіолокатора.

5.7. Зобразіть структурну схему індикатора електромагнітного випромінювання.

5.8. Як класифікують детектори поля?

5.9. Яким є принцип роботи детектора поля?

5.10. Опишіть методику виявлення радіозакладних пристроїв за допомогою індикаторів електромагнітного поля.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

### Виявлення радіозакладних пристроїв у виділеному приміщенні за допомогою нелінійних радіолокаторів

#### 1. Мета роботи

Вивчити принцип роботи локатора нелінійних переходів та методику пошуку радіозакладних пристроїв з його допомогою; провести пошук радіозакладок, що знаходяться в увімкненому і вимкненому станах.

#### 2. Короткі теоретичні відомості

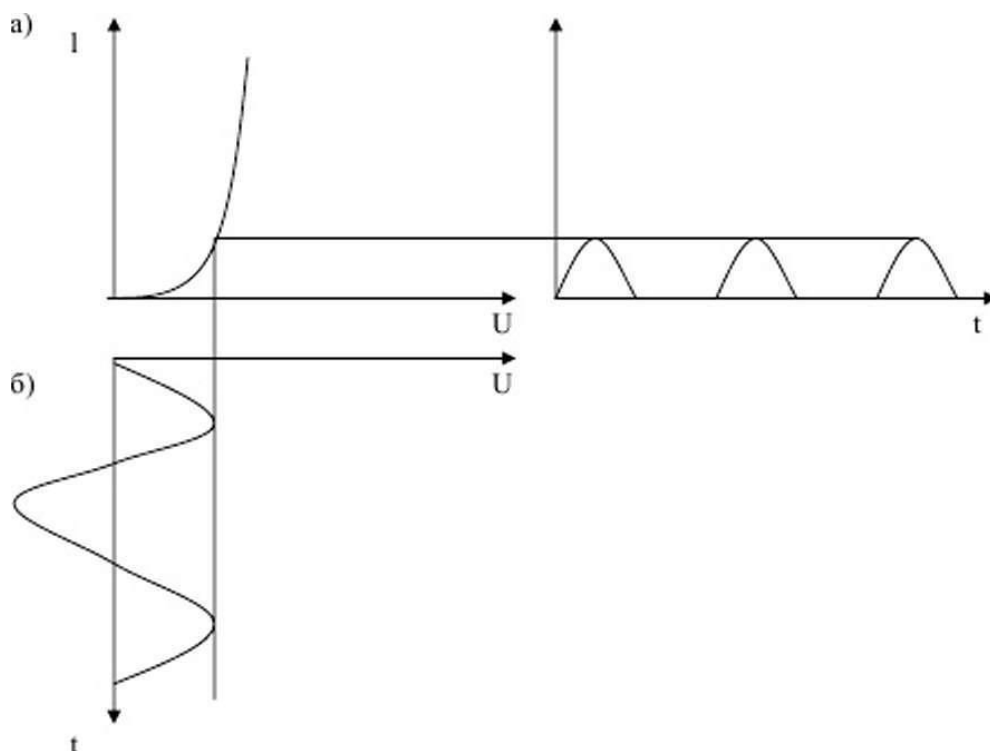
Для виявлення як працюючих, так і закладок у режимі очікування використовують нелінійні радіолокатори, які иакож називають локаторами нелінійних переходів (рис. 4.11). Розглянемо принцип роботи нелінійного радіолокатора (НРЛ). Оператор даного пристрою послідовно опромінює ( $f \approx 600-900$  МГц) різні точки кімнати. Добре відомо, що у всіх закладках присутні нелінійні схемотехнічні елементи: діоди, транзистори, мікросхеми. Таким чином, під час пошуку відбувається опромінення інтер'єру та елементів закладки. Від інтер'єру кімнати і від закладки примачем НРЛ реєструється відбитий сигнал. Причому, частота відбитого сигналу від інтер'єру, корпусу закладки, її лінійних елементів буде така ж, як частота опромінення. А від нелінійних елементів відбитий сигнал крім першої гармоніки буде містити і більш високі гармоніки. Наприклад, при подачі на діод з вольт-амперною характеристикою, що зображена на рис 4.5, а) змінної напруги (рис 4.5, б) через діод потече струм (рис 4.5, в). Спектр такого періодичного сигналу, в загальному випадку, містить постійну складову, першу, другу, третю і т.д. гармоніки; причому основна потужність сигналу зосереджена в перших гармоніках і з підвищенням номера гармоніки ця потужність зменшується.



Рис. 4.4. Локатор нелінійних переходів EDD-24T

Таким чином, зрозуміло, якщо приймач НРЛ одержує відгук на другій і третій гармоніках, то значить виявлений нелінійний елемент, тобто начебто б “жучок” знайдений. Але на жаль, це може виявитися не радіозакладний пристрій, а природний нелінійний елемент метал - оксид - метал, який інколи називають МОМ - діод (наприклад, іржа, окиснені канцелярські скріпки, монети, арматура стіни). Відповідно необхідно розпізнати сигнали від штучних і природних нелінійних елементів. Залежно від виду випромінювання (безперервне або імпульсне), це завдання вирішується по різному.

Розглянемо принцип роботи нелінійного радіолокатора з безперервним режимом випромінювання. Цей вид випромінювання, в основному, застосовується в зразках іноземного виробництва.



**Рис. 4.5. Вольт-амперна характеристика напівпровідникового діоду**

*Принцип виявлення працюючих РЗ.* Безперервний режим роботи характеризується малою потужністю передавача, тому до нелінійних елементів РЗ приходить невеликий сигнал. Діоди, транзистори, мікросхеми у включеному стані мають невелике зміщення і квадратичну характеристику, а природні нелінійні елементи мають характеристику близьку до кубічної. Тому, якщо на локатор приходить відгук на другій гармоніці більший, ніж на третій значить виявлена РЗ працює, а якщо приходить відгук на третій гармоніці більший, ніж на другий - значить, у цьому місці знаходяться природні нелінійні елементи (іржа і т.д.). Амплітудні значення відображених сигналів вельми малі. Відкриваюча напруга у включеної РЗ перевищує крутизну вольтамперної характеристики штучного нелінійного елемента і тому амплітуда відбитого сигналу від працюючої РЗ значно більша, ніж від непрацюючої, це одна з причин, чому працюючі РЗ виявляються простіше, ніж непрацюючі.



*Принцип виявлення виключених рідіозакладок.* РЗ в знеструмленому стані має штучні р-п переходи, які в точності схожі до МОМ-діодів. Крім того нелінійні елементи, виконані за КМОН - технологією, мають такі самі характеристики, як МОМ - діоди. Таким чином, навіть діючі закладки на КМОН елементах за попередньою методикою не будуть виявлені. Для виявлення РЗ в режимі очікування і РЗ на КМОН елементах можна включити віброгенератор в точках, де є відгук на гармоніки. Вібрація зробить вплив на природні р-п переходи (на сигналі відгуку буде спостерігатися модуляція з частотою вібрацією), а на штучні р-п переходи вібрація не зробить дії.

Таким чином, якщо оператор отримує сигнал на третій гармоніці з модуляцією, то це МОН - діод. Якщо оператор отримує сигнал на другій гармоніці без модуляції, то це діюча РЗ на біполярних елементах. Якщо оператор отримує сигнал на третій гармоніці без модуляції, то це або РЗ на біполярних елементах у режим очікування, або РЗ на КМОН елементах. Необхідно пам'ятати, що потужність опромінення мала, і сигнал від РЗ у режим очікування дуже важко виділити. Дальність виявлення (глибина просвічування інтер'єру) 10 - 15 см.

*НРЛ з імпульсним режимом роботи.* У НРЛ з імпульсним режимом роботи вся потужність зосереджена у високочастотній пачці. При великих значеннях імпульсної потужності дальність виявлення зростає і сягає 20 - 25 см. Зробивши велику шпаруватість, можна отримати невелику середню потужність, тобто, забезпечити уявну нешкідливу роботу персоналу з НРЛ. При великій потужності випромінювання природні та штучні нелінійні елементи мають приблизно однаковий вигляд вольт-амперних характеристик і тому відгук від них буде не на різних гармоніках а на однакових. У зв'язку з цим в НРЛ з імпульсним режимом роботи можна проводити виявлення тільки на одній гармоніці .

Для того щоб розрізнити РЗ від МОМ-діода застосовують вібрацію конструкції. Якщо сигнал виходить з модуляцією, то це

МОМ-діод; якщо сигнал на локаторі буде без модуляції, то це РЗ. Велика потужність випромінювання в імпульсі дозволяє отримати досить великий сигнал від непрацюючих закладок і, відповідно, виявити їх.

### **3. Методика роботи з нелінійним локатором**

Нелінійний локатор виконує три основні функції: виявлення нелінійного елемента, визначення місця розташування та ідентифікацію засобу знімання інформації.

Зондує випромінювання легко проникає в багато матеріалів, меблі, може проходити (з ослабленням) через внутрішні перегородки приміщень, бетонні стіни та підлога. Величина, що характеризує здатність виявляти засоби технічної розвідки (ЗТР), для нелінійного локатора нормується тільки для вільного простору. В умовах пошуку прихованих ЗТР мова йде не про дальність, а про максимальну глибину виявлення об'єктів в маскуючому середовищі. Оцінка ведеться за рівнем відклику, який збільшується при наближенні до об'єкта, що дозволяє визначити точне місце розташування ЗТР.

При роботі на відкритих площах або у великих необладнаних приміщеннях імпульсні локатори можуть забезпечити в кілька разів більшу дальність виявлення, ніж безперервні, що дозволяє скоротити час обстеження. При роботі в офісах практично ніколи не використовується максимальна потужність локаторів обох типів через насиченість виділених і сусідніх приміщень електронною технікою.

Реальна дальність у цих випадках становить приблизно 0,5 м для локаторів будь-якого типу. Вона регулюється оператором з урахуванням ситуації на об'єкті обстеження шляхом зниження потужності передавача або зменшення чутливості приймача до межі, що дозволяє розрізнити, від якого об'єкта прийшов відклик. Дальність залежить від типу ЗТР (наприклад, закладка з більшою по довжині антеною, як правило, виявляється на значній відстані)

та умов його розміщення (в меблях, за перешкодами з дерева, цегли, бетону і т.д.).

Отже, для вирішення першого етапу пошукових заходів виявлення ЗТР операторові необхідно виконати наступні операції:

- включити нелінійний локатор і виявити (по можливості усунути) джерела сигналів завад;
- встановити максимальний рівень чутливості приймача і максимальний рівень потужності передавача зондуючого сигналу;
- провести контроль приміщення відносно наявності об'єктів, що створюють потужні завади (передусім електронна оргтехніка та радіоапаратура, а також прояви корозії в несучих конструкціях), шляхом сканування огорожувальних конструкцій та предметів інтер'єру з відстані приблизно 1 м. При цьому призначення об'єктів повинно бути точно встановлено і вони повинні бути або видалені з приміщення, або не братися до уваги при подальшому пошуку. Слід враховувати, що ці об'єкти можуть знаходитися в сусідніх кімнатах і на інших поверхах, які при необхідності і можливості доцільно оглянути.
- після видалення з кімнати джерел сильних перешкод повторити огляд стін, стель, меблів і приладів з відстані 20 см і менше. У ході огляду відзначити підозрілі зони. Визначення місця розташування здійснюється шляхом оцінки рівня і пеленга сигналу відклику. Пеленгом вважається напрямок, що відповідає максимальному рівню прийнятого сигналу. Слід враховувати, що зондувальні і відбиті сигнали перевідбиваються об'єктами, що знаходяться поруч. Ефективними рефлекторами є дзеркала, металеві плити, сітки, арматура і т.д. При їх опроміненні можна реєструвати віддзеркалені сигнали від нелінійних відбивачів, що знаходяться за спиною оператора.

Для визначення точного місця розташування засобів знімання інформації необхідно:

- знизити рівень випромінюваної потужності і чутливість приймача;
- переміщаючи антену близько підозрілих зон, аналізувати покази світлового індикатора і частоту тонального сигналу в головних телефонах;
- визначити напрямок надходження максимального рівня відбитого сигналу, взяти пеленг за орієнтацією антени;
- визначивши точне місце розташування, приступити до ідентифікації об'єкта.

Для чіткої ідентифікації „корозійних діодів і напівпровідників” існує ряд методів, що дозволяють досягати високого практичного ефекту.

У нелінійних локаторах, що приймають сигнали відклику одночасно на другій і третій гармоніках зондуючого сигналу, ідентифікація об'єкту проводиться шляхом порівняння рівнів сигналів на виходах обох трактів прийому. При опроміненні напівпровідникового елемента виникає сильне перевідбивання на частоті 2-ї гармоніки і слабке на частоті 3-ї. МОМ-діод веде себе інакше, створюючи сильне перевідбивання зондуючого сигналу на 3-ї і слабке на 2-ї гармоніках.

У ряді приладів передбачена можливість «прослуховування» демодульованих сигналів гармонік, що дозволяє ідентифікувати об'єкт, використовуючи ефект зміни рівня шуму. У міру наближення нелінійного локатора до р-п переходу відзначається значне зниження рівня шуму, що досягає мінімуму безпосередньо над об'єктом. При опроміненні МОМ-діодів цей ефект практично не спостерігається.

Однак існують „хибні елементи”, що також знижують рівень шуму, як і р-п перехід. Для їх виявлення рекомендується зробити механічний вплив на підозріле місце. Будь-який механічний вплив призводить до зміни геометрії МОМ-діода і його перетворюючих

властивостей. На практиці механічний вплив здійснюється вібраційним методом, при цьому в перетвореному сигналі ясно прослуховується частота вібрації. Рівень вібрації може бути мінімальним, тому досить легкого постукування рукою по обстежуваній поверхні. Навіть якщо модель локатора розрахована на прийом 2-ї і 3-ої гармонік, дана операція дозволяє більш точно ідентифікувати об'єкт.

У деяких моделях імпульсних нелінійних локаторів передбачений режим «20К» виділення обвідної перевипроміненого сигналу, що отримав назву за частотою проходження зондуючих імпульсів - 20 кГц. Звуковий сигнал, отриманий при детектуванні перевипромінювання від штучного р-п переходу, лежить за межами сприйняття людського вуха. Очевидно, що при нестійкому МОМ-контакті (природному р-п переході) не всі зондуючі імпульси первипромінюються, тобто виділяється обвідна, що відповідає більш низькій частоті, яку добре чути в навушниках.

#### **4. Завдання до лабораторної роботи:**

4.1. Проведіть пошук замаскованої радіозакладки у виділеному приміщенні, використовуючи нелінійний радіолокатор.

4.2. При ідентифікації радіозакладки визначте, до якого типу вона відноситься і в якому стані перебуває – увімкненому чи вимкненому.

4.3. Якщо виявлена Вами радіозакладка перебуває у працюючому стані, то визначте характеристики її електромагнітного випромінювання.

4.4. Зробіть висновки.

#### **5. Контрольні питання.**

5.1. Наведіть визначення закладного пристрою.

5.2. Перелічіть демаскуючі ознаки автономних некамуфльованих акустичних закладок.

5.3. Перелічіть демаскуючі ознаки напівактивних акустичних радіозакладок.

5.4. Які технічні засоби використовують для виявлення працюючих радіозакладок?

5.5. Які технічні засоби використовують для виявлення вимкнених радіозакладок?

5.6. Поясніть принцип роботи нелінійного радіолокатора.

5.7. Зобразіть структурну схему індикатора електромагнітного випромінювання.

5.8. Як класифікують детектори поля?

5.9. Яким є принцип роботи детектора поля?

5.10. Опишіть методику виявлення радіозакладних пристроїв за допомогою індикаторів електромагнітного поля.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5**

### **Статистичний аналіз завантаження заданого радіодіапазону у виділеному приміщенні**

#### **1. Мета роботи.**

Вивчити методи статистичного аналізу завантаження заданого радіодіапазону та пошуку радіозакладок у виділеному приміщенні за допомогою професіонального програмного забезпечення пошукового комплексу DigiScan EX.

#### **2. Короткі теоретичні відомості.**

Комп'ютеризований комплекс «DigiScan EX» (рис. 5.1) призначений для швидкого викриття, ідентифікації, визначення місцеположення (локалізації) та знешкодження підслуховуючих пристроїв, а також інших джерел несанкціонованих випромінювань, що передають сигнали радіоканалами та каналами ГЧ-діапазону, а також провідними лініями.

Комплекс «DigiScan EX» має зручні програмні засоби для накопичення, обробки, аналізу та зберігання даних, реєстрації демодульованих сигналів та ідентифікації джерел випромінювання. Основна завдання керуючої програми комплексу – полегшити оператору аналіз отриманої інформації про численні джерела випромінювань.

В процесі перегляду заданих діапазонів та обробки отриманих даних програма складає списки з параметрами і класифікаційними признаками виявлених сигналів. Після цього за допомогою засобів аналізу програми оператор може детально досліджувати спектральні характеристики потрібного сигналу або реакцію на імпульси акустичного зондування. Таким чином, можна отримати необхідну інформацію для прийняття обґрунтованого рішення про наявність в приміщенні підслуховуючих пристроїв.



Рис. 5.1. Комп'ютеризований комплекс «DigiScan EX»

### 3. Робота з комплексом «DigiScan EX»

*Створення бази.* Створіть нову базу даних для зберігання результатів Вашої роботи. Використайте команду «Создать» з меню «Файл». Назвіть базу так, щоб назва описувала вашу роботу, наприклад, «Офіс» або «вул. Волошина, 54».

*Зняття фону (адаптація під обстановку).* Перед початком пошуку рекомендується виконати команду «Зняти фон» в одній або декількох точках навколо приміщення, що перевіряється на істотній відстані до нього (1-2 км). Зняття фону дозволяє істотно прискорити процес пошуку. Щоб визначити який сигнал вважається активним, DigiScan EX може використати як стандартний поріг (червона лінія в панорамному вікні), так і панораму, що виступає в якості порогу. Цей параметр задається у властивостях задачі пошуку, (закладка «Поріг» або вибирається при виконанні команди «Подготовить расписание»). У випадку, коли планується використати стандартний поріг, рекомендується спочатку виконати зняття фону в режимі «Швидко» (попереднє сканування) і на підставі отриманої панорами настроїти поріг.



*Підготовка джерела звука.* Необхідно заздалегідь визначитися і підготувати засіб для озвучування приміщення під час пошуку. Самим зручним засобом є програвач компакт-дисків комп'ютера. Необхідно заздалегідь відібрати декілька дисків, які позитивно впливають на концентрацію. Якщо будуть використовуватися MIDI-файли, необхідно заздалегідь створити список відтворення у програмі-програвачі.

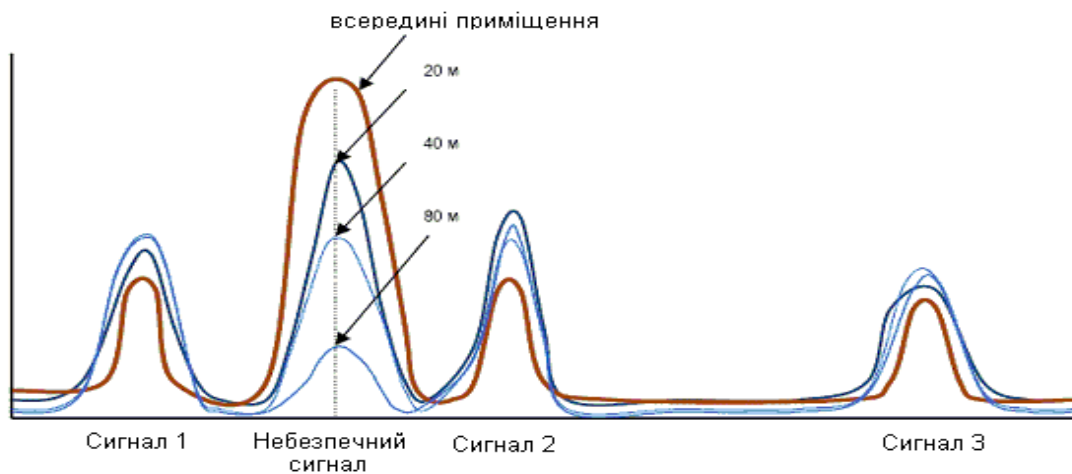
*Підготовка розкладу.* Виконати команду «Подготовка расписания». У відповідності із завданням до лабораторної роботи виберіть швидкість пошуку і вкажіть інші параметри. Після підготовки розкладу можна відкоригувати параметри задачі пошуку в розкладі або відразу запустити її виконання. У випадку таємної перевірки, коли зловмисники не повинні здогадатися про перевірку, необхідно залучити пасивні тести. Це може бути пасивна амплітудна кореляція або напівпасивна. Якщо потаємність не вимагається, бажано задіяти активні тести, оскільки вони забезпечують більшу швидкість і вірогідність знаходження небезпечних сигналів. Час виконання амплітудної кореляції і перелік тестів встановлюється в залежності від часу, що виділяється на перевірку.

*Інтерпретація результатів пошуку.* Результати пошуку представлені у вигляді бази накопичених сигналів і отриманих панорамах. Після завершення пошуку необхідно ретельно досліджувати кожний новий сигнал в базі даних і переконатися в його безпеці. Не вимикайте джерела звука і не кладіть телефонні трубки на телефонні апарати до тих пір, поки не дослідите кожний сигнал в базі даних. Послідовно прослухайте кожний небезпечний сигнал, клацнувши на ньому. Наявність звуків, які характерні для Вашого приміщення, повинна викликати підозру. У цьому випадку необхідно деякий час прослухати сигнал і переконатися в тому, що це звук радіомовлення або каналів зв'язку, що не мають відношення до Вашого офісу (радіостанції, радіотелефони). Якщо при настройці на сигнал його рівень буде

відсутній, почекайте деякий час, можливо сигнал з'явиться. Якщо Ви чуєте тишу, спробуйте збільшити гучність і змінити модуляцію WFM на NFM, а NFM на WFM. Може бути необхідним здійснити ручне підлаштування частоти сигналу (регулятори біля індикатора частоти у лівій верхній частині головного вікна програми). Можна також оновити спектр сигналу з допомогою команд «Оновити панораму». Наявність акустичної зав'язки (писк що з'являється на середній і великій гучності) свідчить про наявність працюючого радіомікрофона. У цьому випадку необхідно локалізувати цей пристрій за допомогою приладу ближнього поля (індикатор поля, частотомір). Продовжуйте дослідження сигналів, оскільки дуже часто використовують декілька підслуховуючих приладів. В той же час потрібно пам'ятати, що один радіомікрофон може бути виявлений відразу на декількох частотах, оскільки він може мати гармоніки, що кратні центральній частоті. Наприклад, радіозакладка на 450 МГц, може проявити себе на 450 МГц, 900 МГц та 1350 МГц. Для більшої точності результатів пошуку може знадобитися дослідження сигналів, що не занесені в базу даних, тобто таких, чий рівень небезпеки не перевищив поріг. Для цього необхідно проглядати кожне збільшення рівня у панорамному вікні і настроюватися на їхню центральну частоту для прослуховування. При цьому необхідно спробувати різні види модуляції.

*Рівень небезпеки.* В процесі виконання тестів кожному сигналу присвоюється рівень небезпеки. Тестування дозволяє замінити ручне прослуховування сигналів, але збільшує час пошуку. Результати тестування відображаються в рівнях небезпеки. При аналізі цього значення необхідно враховувати, скільки виконувалося тестів. Один і той же підслуховуючий пристрій може дати різний рівень небезпеки при різних кількостях тестів, оскільки кожний тест дасть певний приріст рівня небезпеки. При виконанні 3-4 тестів сигнал може мати більший рівень небезпеки, ніж при одному тесті.

Приклад. Тестується сигнал 144.35 МГц. Виконувалася тільки амплітудна кореляція (А). Її значення склало 0.28. Рівень небезпеки сигналу рівний 0. Виконувалася амплітудна кореляція А (значення 0.28), спектральна S (значення 0.34) і параметрична Р (значення 0.52). Рівень небезпеки сигналу рівний 2. В другому випадку, в результаті чинника випадковості, S перевищила поріг 0.33 і дала приріст небезпеки 1, а Р перевищила поріг 0.5 і теж дала приріст 1. В результаті рівень небезпеки рівний 2, хоча насправді сигнал не є небезпечним.



**Рис. 5.2. Рівні небезпечних сигналів при віддаленні від об'єкту**

*Цифрові сигнали.* Необхідно пам'ятати, що останнім часом з'являється все більше радіомікрофонів із закритим каналом зв'язку. Використовуються різноманітні засоби маскування – широтноімпульсна модуляція, цифрові протоколи з шифруванням і т. д. Скануючі приймачі „бачать” більшу частину цих сигналів, але не можуть декодувати їх. Ані сам приймач, ані програма не зможуть дати точну інформацію про походження цифрового передавача, якщо такий був занесений в базу даних. Тим не менше, є можливість досліджувати такі сигнали і визначити приблизну степеь їхньої небезпеки. Якщо цифрова закладка знаходиться в приміщенні, що перевіряється, то сканування всередині приміщення майже завжди дає більший рівень сигналу, ніж сканування поза приміщенням (рис. 5.2). При цьому якщо поза

приміщенням провести декілька сканувань віддаляючись від нього, то рівень закладки буде зменшуватися, в той час як «дружні» сигнали будуть мати приблизно однаковий рівень.

#### 4. Завдання до лабораторної роботи:

4.1. Провести сканування діапазону (.....) згідно Вашого варіанту, задавши поріг в частотному діапазоні до .... МГц на рівні ....., а вище нього – на рівні ....., Тестування на даному етапі не проводити.

4.2. Запишіть визначені рівні в базу даних та робочий зошит (у вигляді таблиці), а також додайте їм атрибути „дружній”.

4.3. Проведіть повторне сканування заданого радіодіапазону понизивши поріг на 100 Дб. Проведіть всі можливі тестування знайдених „небезпечних” сигналів. Запишіть знайдені значення амплітудної, спектральної та параметричної кореляцій, а також визначений рівень небезпечності сигналу.

4.4. Перевірте наявність гармонік для небезпечних сигналів.

4.5. Проведіть повторне тестування небезпечних сигналів використовуючи пасивну, напівпасивну та активну амплітудну кореляцію з різним часом тестування (5, 10 та 30 с). Представте у вигляді таблиці отримані результати і порівняйте їх.

4.6. Зробіть висновки.

Варіант	Діапазон	Поріг
1	40-80 МГц	$f < 70 \text{ МГц} - 192, f > 70 \text{ МГц} - 190$
2	80-105 МГц	$f < 100 \text{ МГц} - 200, f > 100 \text{ МГц} - 195$
3	105-200 МГц	$f < 150 \text{ МГц} - 190, f > 150 \text{ МГц} - 180$
4	300-400 МГц	$f < 150 \text{ МГц} - 175, f > 150 \text{ МГц} - 200$

## **5. Контрольні питання.**

5.1. Назвіть склад та призначення основних складових частин комп'ютеризованого комплексу «DigiScan EX».

5.2. Назвіть основні етапи при проведенні пошуку радіозакладок шляхом статистичного аналізу завантаження радіодіапазону у виділеному приміщенні.

5.3. Що таке амплітудна кореляція?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

### Дослідження амплітудно-частотної характеристики телефонного фільтру «Граніт 10»

#### 1. Мета роботи.

З'ясувати ефективність роботи фільтра «Граніт-10» для запобігання зняття інформації методом ВЧ-нав'язування та мікрофонного ефекту дзвінкового кола. Провести вимірювання амплітудно-частотної характеристики телефонного фільтру «Граніт-10»

#### 2. Короткі теоретичні відомості.

Будь-яка електрична лінія потенційно є каналом витоку інформації. Наприклад, телефонна лінія з підключеним телефонним апаратом (ТА) може бути каналом витоку інформації, як під час розмови, так і в стані очікування. Наявність в ТА механізму індукційного дзвінка робить можливим використання телефону при покладеній трубі в якості мікрофону. Властивість перетворювати акустичні коливання в електричні мають будь-які електромеханічні машини, якщо амплітуда створюваних ними електричних сигналів має достатнє значення для прийому і реєстрації. Прикладами індукційного мікрофона можуть служити електромеханічний квартирний дзвінок, провідний ретрансляційних приймач, трансформатор. Мала потужність струмів індукованих такими мікрофонами обумовлює швидке загасання сигналів, тому зняття сигналу здійснюється за можливості максимально близько до приймача. Існують спеціально виготовлені пристрої, що впроваджують в електричні лінії з метою акустоелектричних перетворень. Такі пристрої можуть містити вбудовані підсилювачі, що живляться від лінії, де вони вмонтовані, що забезпечує передачу сигналу на значні відстані. Передача може бути здійснена як лініями підключення, так і за допомогою радіосигналу. Знімання і передача інформації від об'єкта контролю

до пункту прийому по лінії електромережі називається акусто-електричним каналом витоку інформації. До найбільш широко використовуваних електричних ліній відносять: лінії живлення (110/220 В), телефонні лінії, лінії радіоретрансляційних мереж, лінії передачі радіосигналів від антен до споживача. Для захисту ліній зв'язку від витоку інформації в результаті електроакустичних перетворень застосовують фільтрацію сигналів по амплітуді. Один з видів класифікації методів використання електричної лінії як каналу витоку інформації – за ознакою підключення до лінії приймального пристрою: з гальванічним контактом – контактні методи; без гальванічного контакту – безконтактний метод. У безконтактних методах в якості гальванічної розв'язки використовується ємнісний або індуктивний зв'язок пристрою знімання з ліній передачі. При ємнісному зв'язку на лінію передачі накладаються провідники, при цьому утворюється конденсатор, в якому обкладками є дроти лінії передачі і накладені зовнішні, в ролі діелектрика виступає ізоляція лінії, і накладеного зверху провідника (якщо він має ізоляцію). Відповідно, значення утворених ємностей між двома лініями мережі і провідниками пристрою знімання буде визначатися площею, тобто спільної протяжністю, а також товщиною і характеристиками ізоляції. Для створення індуктивного зв'язку на лінію електропередачі накладається петля, утворена паралельним лінії двожильтним кабелем, при цьому утворюється так званий повітряний трансформатор.

Одним з поширених методів зняття конфіденційної інформації є метод високочастотного нав'язування (ВЧ-нав'язування). Даний метод заснований на модуляції високочастотного сигналу (від десятків до сотень кілогерц), низькочастотним, як правило, голосовим сигналом. Причому модуляція може відбуватися, наприклад, в дзвінковому ланцюзі телефону або квартирному дзвінка. В якості несучої частоти може використовуватися генератор пристрою прослуховування, що

наводить у лінії високочастотний сигнал, або електромагнітні коливання, викликані сторонніми генераторами. Використання сторонніх генераторів значно спрощує конструкцію пристрою. Часто в якості несучої частоти використовуються електромагнітні коливання імпульсних блоків живлення, з частотою першої гармоніки 13-15 кГц. Такі блоки живлення входять до складу багатьох сучасних побутових і промислових приладів.

Одним з основних переваг методу ВЧ-нав'язування є можливість зняття конфіденційної інформації з приміщень, доступ у які неможливий. Також до переваг можна віднести можливість безконтактного знімання інформації і складність виявлення, особливо в разі використання стороннього генератора. До недоліків відносять досить швидке загасання сигналу при віддаленні від об'єкту прослуховування та інтенсивне зниження якості прийому.

Для захисту кабельних ліній від прослуховування методом ВЧ-нав'язування застосовують електричні фільтри, що перешкоджають поширенню високочастотних сигналів. Відключення телефонних апаратів від телефонної лінії дозволяє уникнути передачі акустoeлектричних ЕРС з телефону в лінію. При цьому доцільно проводити відключення двох провідників, для виключення передачі сигналу через ємнісну складову. Для утруднення безконтактного підключення до ліній електропередачі і наведення в них ЕРС від сторонніх генераторів доцільно застосовувати виті пари, коаксіальні кабелі.

### **3. Призначення фільтру «Граніт-10» та особливості його експлуатації.**

Фільтр «Граніт-10», призначений для забезпечення захисту мовної інформації від витоку технічними каналами за рахунок акустoeлектричних перетворень через провідні лінії:

- відкритих телефонних мереж,
- мереж радіотрансляції,
- систем директорського та диспетчерського зв'язку.



Прилад розрахований на роботу в автоматичному режимі, цілодобово, під безперервною навантаженням в лініях з опором  $600 \text{ Ом} \pm 10\%$ .

Конструктивно фільтр виконаний в корпусі з оцинкованої сталі, в якому на спеціальній втулці закріплені друкована плата виробу і кришка корпусу. Всі елементи схеми захищені електростатичним екраном. Підключення виробу до джерела сигналу і навантаження здійснюється за допомогою клем, розташованих на друкованій платі. Крайні клемки є сигнальними, центральні – призначені для підключення заземлення та екрануючих проводів.

Призначення фільтру – пропускати сигнали в мовному діапазоні частот при нормальному режимі роботи телефонної лінії і затримувати високочастотні сигнали, які присутні в лінії при високочастотному нав'язуванні. Вказана особливість реалізується використанням двох реле та ємнісних фільтрів (рис. 6.1). Таким чином, «Граніт-10» призначений для комплексного захисту ТА. Послаблення сигналу, наведеного на обмотці дзвінка становить не менше 120 дБ в смузі частот 300–3400 Гц.

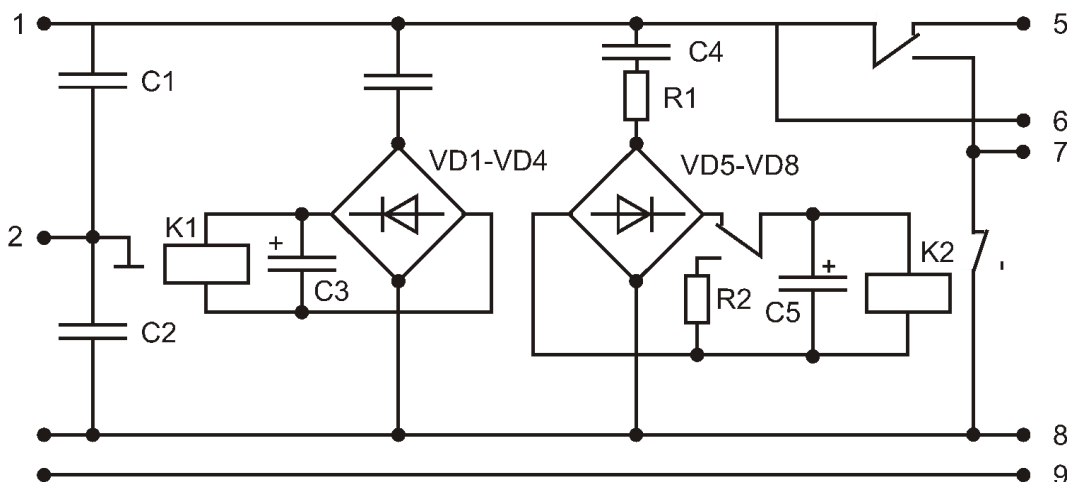


Рис. 6.1. Схема телефонного фільтру „Граніт-10”

(C1, C2 – 0,22 пФ; C4 – 5,0 пФ; C5 – 20...50 пФ; R1 – 2,4 кОм; R2 – 100 Ом; VD1-VD8 – КЦ 405Д; K1 – РЭС15 РС4.591.001; K2 – РЭС9 РС4.524.205172)

При експлуатації фільтра «Граніт-10» необхідно враховувати, що його наявність в лінії зв'язку істотно змінює її параметри. Наприклад, при використанні телефонної лінії для ADSL передачі даних на високій частоті буде неможливо здійснювати прийом після фільтра, а можливо і перед фільтром, так як він може внести суттєві спотворення в сигнал, впливаючи на його спектр. Особливості цього впливу визначаються вхідним повним опором фільтру.

#### 4. Вимірювання амплітудно-частотної характеристики фільтра «Граніт-10».

Блок-схема лабораторної установки (рис. 6.2) включає мілівольтметр змінної напруги, генератор синусоїдальних сигналів змінної частоти і фільтр «Граніт-10».

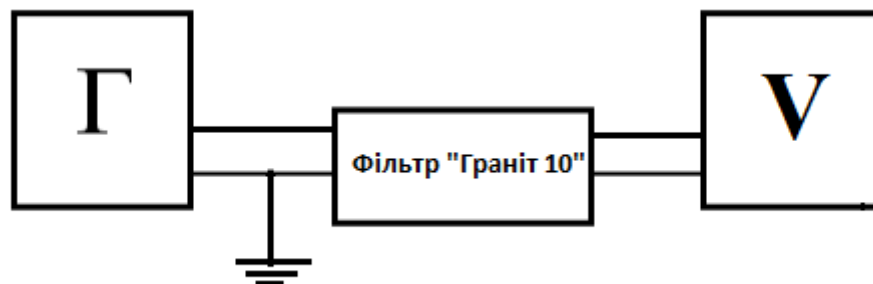


Рис. 6.2. Блок-схема лабораторної установки.

Така схема підключення дозволяє контролювати і підтримувати незмінною за амплітудою напругу для різних частот на виході генератора. Для вимірювання АЧХ амплітуду на виході генератора необхідно вибирати так, щоб вона була вище замикаючої напруги, тобто становила одиниці вольт. При цьому на максимальних амплітудних значеннях генератора можуть спостерігатися спотворення синусоїдальної сигналу, що також не

бажано, тому що призводить до появи вищих гармонічних складових. Рекомендована амплітуда напруги зняття АЧХ 5-10 В.

### **5. Завдання до лабораторної роботи:**

5.1. Скласти схему установки представлену на рис. 6.2 для дослідження АЧХ телефонного фільтру «Граніт 10».

5.2. Збільшуючи частоту генератора синусоїдальних коливань від 20 до 100 на 20 Гц, від 100 до 800 на 200 Гц, в діапазоні 1000 до 40000 на 1000 Гц зняти відповідні покази амплітуди на мілівольтметрі. Результати записати в таблицю.

5.3. За отриманими даними побудувати АЧХ фільтра.

5.4. Визначити частоту зрізу досліджуваного фільтру

5.5. Зробити висновки.

### **6. Контрольні питання.**

6.1. Для чого призначений фільтр «Граніт-10»?

6.2. Яке призначення конденсаторів на вході фільтру?

6.3. В чому полягає метод ВЧ-нав'язування? Для чого він служить?

6.4. Яким чином в телефонному апараті реалізуються акустoeлектричні перетворення?

6.5. Яка смуга пропускання телефонного фільтру «Граніт-10»?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

### Дослідження акустоелектричних перетворень

#### 1. Мета роботи.

Вивчити методику проведення спеціальних досліджень наявності акустоелектричних перетворень в допоміжних технічних засобах і системах. Дослідити наявність акустоелектричних перетворень в телефонному апараті та абонентському трипрогравному гучномовці «Україна».

#### 2. Короткі теоретичні відомості.

Можливими каналами витоку мовної інформації з виділених приміщень (ВП), в яких встановлені допоміжні технічні засоби і системи (ДТЗС), є акустоелектричні канали витоку інформації, які виникають внаслідок перетворення інформативного сигналу з акустичного в електричний за рахунок "мікрофонного" ефекту в електричних елементах ДТЗС (трансформатори, котушки індуктивності, електрореле і т.п.) ДТЗС, крім зазначених елементів, можуть містити безпосередньо електроакустичні перетворювачі. До таких ДТЗС відносяться деякі сповіщувачі охоронної та пожежної сигналізації, гучномовці ретрансляційної мережі і т.д. Контроль ефективності захисту ДТЗС здійснюється інструментально-розрахунковим методом, який реалізується з використанням атестованої вимірювальної апаратури загального застосування.

Для контролю ДТЗС на схильність до акустоелектричних перетворень використовується комплект апаратури, що включає в себе вимірювальний приймач (селективний нановольтметр) і джерело тестових сигналів. ДТЗС, що розташований в зоні дії акустичного поля небезпечного сигналу і має ланцюг, що виходить за межі контрольованої зони, можна представити у вигляді еквівалентної схеми, зображеної на рис. 7. 1.

Частина схеми ліворуч від  $K$  (перетворювача) зображує механічну частину схеми, праворуч – електричну.

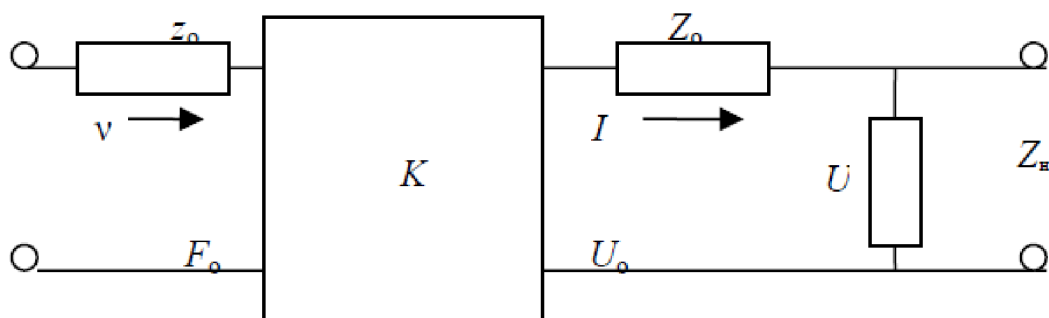


Рис.7.1. Еквівалентна схема акустоелектричного перетворювача

Для визначення чутливості елементів, які володіють мікрофонним ефектом (у тому числі в сповіщувачах охоронно-пожежної сигналізації), може бути використано співвідношення:

$$\eta = \frac{U_{\text{вих}}}{P} \quad (7.1)$$

де

$$U_{\text{вих}} = U_0 \frac{Z_H}{Z_0 + Z_H}$$

$$U_0 = K_v = KF(Z_0 + Z_{\text{вн}})^{-1}. \quad (7.2)$$

Як відомо сила  $F$ , що діє на елемент і володіє мікрофонним ефектом, пропорційна звуковому тиску у вільному звуковому полі:

$$F = aP, \quad (7.3)$$

де  $a$  – коефіцієнт пропорційності, який називається акустичною характеристикою. Підставляючи наведені вирази в (7.1), остаточно отримуємо

$$\eta = \frac{aK(z_0 + z_{\text{вн}})Z_H}{[z_0(z_0 + z_{\text{вн}}) + K^2](Z_0 + Z_H)}, \quad (7.4)$$

де  $z_0$  – власний механічний опір рухомої частини акустоелектричного перетворювача,  $z_{\text{вн}}$  – внесений механічний опір,  $Z_0$  – власний електричний опір акустоелектричного

перетворювача,  $Z_H$  - навантаження в тракці електричного сигналу перетворювача,  $K$  - коефіцієнт електромеханічного зв'язку. Небезпечний сигнал  $U_{оп}$ , який з'являється на опорі навантаження зазначеного ланцюга, для даного випадку дорівнює:

$$U_{оп} = P \eta \frac{Z_H}{Z_H + Z_{втс}}. \quad (7.5)$$

Так як на практиці  $Z_H$  ланцюга, що виходить за межі контрольованої території (шлейфа охоронно-пожежної сигналізації, радіотрансляційної мережі, телефонної лінії, мережі електроживлення, лінії заземлення і т. д.), набагато менший, ніж внутрішній опір  $Z_{втс}$ , то (7.5) можна записати:

$$U_{оп} = P \eta Z_H / Z_{втс}. \quad (7.6)$$

Опір  $Z_{втс}$  (повний опір ДТЗС на заданій частоті) вимірюється за допомогою спеціальних приладів-вимірювачів повного опору (вимірювання рекомендується проводити на частоті 1кГц) або обчислюється з виразу:

$$Z_{втс} = \sqrt{R_{втс}^2 + (2\pi f L_{втс})^2 + (1/2\pi f C_{втс})^2}, \quad (7.7)$$

Прирівнявши  $U_{оп}$  до нормованого значення сигналу в ланцюзі ДТЗС  $U_{оп}$  з (7.6), отримаємо значення величини гранично допустимого тиску в місці установки ДТЗС:

$$P_{доп} = \frac{U_{нор} Z_{втс}}{\eta Z_H}, \quad (7.8)$$

де  $Z_H = 600 \text{ Ом}$  для телефонної лінії.

Визначення можливості витoku конфіденційної мовної інформації за рахунок акустoeлектричних перетворень сигналу зводиться до порівняння розрахованого за результатами вимірювань допустимого рівня звукового тиску в місці установки досліджуваного ДТЗС з можливим рівнем звукового тиску акустичного поля мовного сигналу.

Так як шумоміри вимірюють рівень звукового тиску  $D$  в децибелах, для знаходження звукового тиску  $P$  в Па доцільно користуватися спеціальними довідковими таблицями або використовувати цифрові вимірювачі шуму.

Визначення коефіцієнта  $\eta$  акустичного перетворення рекомендується проводити при впливі на технічний засіб тест-сигналом, спектр якого подібний спектру мовного сигналу (широко-смуговий метод). У такому випадку вихідна напруга визначається за формулою:

$$U_{\text{вих}} = \sqrt{U_{\text{с+п}}^2 - U_{\text{п}}^2}, \quad (7.9)$$

де  $U_{\text{вих}}$  - вихідна напруга перетвореного сигналу (мВ);  $U_{\text{с+п}}$  - напруга виміряна при дії тест-сигналу і перешкоди (мВ);  $U_{\text{п}}$  - напруга від акустичних перешкод при відсутності тест-сигналу (мВ);  $P$  - виміряна величина тиску акустичного поля в місці установки ДТЗС (Па).

Для вимірювань коефіцієнта акустоелектричних перетворень використовують такі пристрої:

1. Генератор сигналів низькочастотний (наприклад, типу ГЗ-109).
2. Акустичний випромінювач.
3. Шумомір універсальний 00 024.
4. Селективний нановольтметр Unipan типу 237.

Враховуючи постановку задачі для прямого акустоелектричного перетворення (визначення значень сигналів перетворення мовного діапазону частот в лінії, що відходить від ДТЗС і виходить за межі контрольованої зони) типова схема вимірювання наведена на рис. 7.2.

Досліджуваний технічний засіб може бути підключений до реальної лінії, що виходить за межі КЗ, до деякого імітатора або не підключатися до жодної лінії (режим «холостого ходу»). Розглянути всі можливі варіанти і їхні особливості в рамках цієї лабораторної роботи не представляється можливим, обмежимося лише перерахуванням цих варіантів.

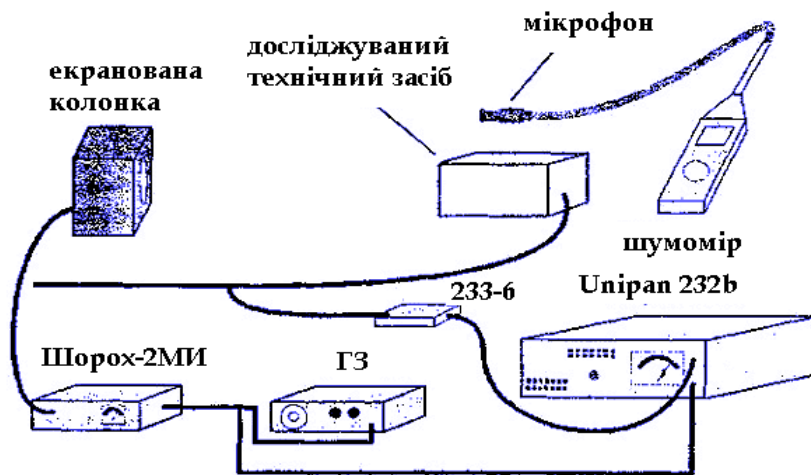


Рис. 7.2. Типова схема вимірювання акустоелектричних перетворень

Схема вимірювання сигналів акустоелектричних перетворень від ГЗ, наведена на рис. 7.2, досить стандартна для теорії вимірювань і особливих пояснень не вимагає. Щоправда тут випущені дуже важливі на практиці питання заземлення приладів, їх електроживлення та взаємного розміщення. Необхідно відзначити, що рівень перешкод в тракці вимірювання від цих факторів може змінюватися в десятки і сотні разів. Неоптимальна побудова вимірювального комплексу може бути причиною дуже далеких від реальності результатів.

Боротьба з перешкодами у вимірювальних трактах добре висвітлюється у теорії радіовимірювань і вимірювань в техніці зв'язку; всі загальні принципи цієї теорії справедливі і для даної методики. Враховуючи ступінь малості вимірюваних сигналів певну увагу слід приділити зниженню наведень тест-сигналу на досліджуваний технічний засіб і вимірювальний приймач. Як правило, екрановану колонку розміщують на відстані 1 м від досліджуваного технічного засобу. Ця відстань не є критичною і вибирається, в першу чергу, виходячи з необхідного рівня звукового тиску на місці розміщення технічного засобу і відсутності наведень від колонки на досліджуваний ДТЗС.



Зрозуміло, що навіть добре екранована колонка створює деякі електричні і магнітні поля, існування яких не повинно вносити похибки у вимірювання. Найпростіший спосіб визначення того, що ми спостерігаємо саме наводку тест-сигналу від акустичного випромінювача, вимірювального тракту „генератор - підсилювач потужності” та з'єднувальних кабелів *а не безпосередньо сигнал акустоелектричного перетворення*, полягає в «прикриванні» лицьової панелі акустичного випромінювача звукопоглинаючою шторкою з метою зниження рівня акустичного сигналу, що впливає на ТЗ. При цьому наводка за рахунок впливу електромагнітного поля генераторного обладнання на технічний засіб, якщо вона існує, залишиться незмінною, тобто покази вимірювального приладу, що підключений до технічного засобу не зміняться або, в крайньому випадку, зміняться непропорційно зниженню рівня акустичного сигналу. У першому випадку вимірювана величина тест-сигналу - це «чиста» наводка, у другому - суміш сигналу наведення і сигналу акустоелектричних перетворень.

### **3. Завдання до лабораторної роботи:**

3.1. Зібрати схему для вимірювання акустоелектричних перетворень для досліджуваного ТЗ – телефонного апарату.

3.2. Виміряти  $U_{c+п}$  – сумарну напругу сигналу і перешкоди при дії тест-сигналу (мВ);  $U_{п}$  – напругу від акустичних перешкод при відсутності тест-сигналу (мВ);  $P$  – величину тиску акустичного поля в місці установки ДТЗС (Па).

3.3. Визначити  $U_{вих}$  - вихідну напругу перетвореного сигналу.

3.4. Визначити коефіцієнт  $\eta$  акустичного перетворення для різних частот звукового тест-сигналу.

3.5. Побудувати графік залежності коефіцієнта  $\eta$  акустичного перетворення від частоти сигналу.

3.6. Повторити дослідження (п. 3.1 - 3.5) для досліджуваного ТЗ – абонентського трипрограмного радіоприймача „Україна”.

3.7. Порівняти одержані результати і зробити висновки.

#### **4. Контрольні питання.**

4.1. У чому полягає ефект акустоелектричних перетворень?

4.2. Які фізичні принципи лежать в основі акустоелектричних перетворень, що виникають в досліджуваному технічному засобі?

4.3. Які пристрої з акустоелектричним ефектом можуть входити до складу деяких допоміжних технічних засобів і систем?

4.4. У чому полягає ефект модуляції акустоелектричного перетворення?

4.5. Назвіть найбільш простий спосіб виявлення факту модуляції сигналу модуляційного акустоелектричного перетворювача.

4.6. За якою ознакою робиться висновок про наявність акустоелектричних перетворень в ДТЗС?

4.7. Якщо акустоелектричні перетворення виявлені, то яким чином можна оцінити їх небезпеку?

4.8. Причини і наслідки модуляції інформаційним мовним сигналом високочастотних коливань у генераторах технічних засобів.

4.9. Яким чином здійснюється перехоплення мовного сигналу в акустоелектричному каналі?

4.10. Зобразіть і поясніть схему, що використовується для вимірювань акустоелектричних перетворень технічних засобів.

4.11. Для чого використовується селективний нановольтметр?

4.12. Як чином можна переконатися у відсутності електромагнітних наведень акустичного випромінювача на досліджуваний технічний засіб?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

### Дослідження амплітудно-частотної характеристики мережевого фільтру ФСП-10

#### 1. Мета роботи.

Вивчити методи досліджень амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) мережевих фільтрів та підключення їх до ланцюгів живлення. Освоїти принципову схему мережевого фільтру та його основні характеристики.

#### 2. Короткі теоретичні відомості

Мережеві фільтри забезпечують захищеність електронних пристроїв не тільки від зовнішніх перешкод, але і від різного виду сигналів, що генеруються пристроями, які можуть служити джерелом витoku інформації.

Виникнення наведень у мережах живлення частіше за все пов'язано з тим, що різні основні технічні засоби (ОТЗ) підключені до загальних ліній живлення. Однофазна система розподілу електроенергії повинна здійснюватися трансформатором із заземленою середньою точкою, трифазна – високовольтним понижуючим трансформатором.

Мережеві фільтри виконують дві захисні функції в ланцюгах живлення ТЗП:

1. Захист апаратури від зовнішніх імпульсних перешкод;
2. Захист від наведень, створюваних самою апаратурою.

Оскільки усунення наведень в ланцюгах апаратури ОТЗ є надзвичайно важливим завданням, до фільтрів ланцюгів живлення пред'являються досить жорсткі вимоги. Затухання, що вноситься до кола постійного або змінного струму частотою 50 або 400 Гц, має бути мінімальним.

При виборі фільтрів для ланцюгів живлення потрібно виходити з таких параметрів ланцюгів і фільтрів:

- номінальних значень струмів і напруг у ланцюгах живлення, а також допустимого значення падіння напруги на фільтрі при максимальному для даного ланцюга навантаженні;
- обмежень, накладених на допустимі значення спотворень форми напруги живлення при максимальному навантаженні;
- допустимих значень реактивної складової струму на основній частоті напруги живлення;
- необхідного загасання фільтра з урахуванням заданих значень опорів навантаження та джерел живлення;
- механічних характеристик (розміри, маса, спосіб установки і тип корпусу фільтра);
- ступеня екранування фільтра від різних сторонніх полів, забезпечуваного конструкцією його корпусу.

Розглянемо вплив цих параметрів більш докладно.

Напруга, прикладена до фільтра, повинна бути такою, щоб вона не викликала пробую конденсаторів фільтра при різних перегонах живлячої напруги, включаючи стрибки, обумовлені перехідними процесами в ланцюгах живлення. Щоб при заданих масі й обсязі фільтр забезпечував найкраще затухання наведень в необхідному діапазоні частот, його конденсатори повинні мати максимальну ємність на одиницю об'єму або маси. Крім того, номінальне значення робочої напруги конденсаторів вибирається, виходячи з максимальних значень допустимих стрибків напруги ланцюга живлення, але не більше їх.

Струм через фільтр повинен бути таким, щоб не виникало насичення сердечників котушок фільтрів. Крім того, слід враховувати, що зі збільшенням струму через котушку збільшується реактивне падіння напруги на ній. Це призводить до того, що: погіршується еквівалентний коефіцієнт стабілізації напруги у мережі живлення, що містить фільтр; виникає

взаємозв'язок перехідних процесів в різних навантаженнях ланцюга живлення.

Найбільші стрибки напруги при цьому виникають під час відключення навантажень, так як більшість з них має індуктивний характер. Затухання, що вноситься фільтром, може бути обчислено за формулою:

$$A(\text{dB}) = 20 \lg(U_{\text{вх}}/U_{\text{вих}}) = 10 \lg(P_{\text{вх}}/P_{\text{вих}}), \quad (8.1)$$

де  $U_{\text{вх}}$  ( $P_{\text{вх}}$ ) – напруга і потужність, що підводиться до навантаження перед фільтром, а  $U_{\text{вих}}$  ( $P_{\text{вих}}$ ) - відповідно після включення фільтра.

Фільтри в ланцюгах живлення можуть бути різної конструкції: їх об'єми становлять від 0,8 см<sup>3</sup> до 1,6 м<sup>3</sup>, а маса – від 0,5 до 90 кг. У загальному випадку, розміри і маса фільтра будуть тим більшими, чим:

- більша номінальна напруга і струм фільтра;
- менші втрати на внутрішньому опорі фільтра;
- нижча частота зрізу;
- більше затухання, що забезпечується фільтром поза смугою пропускання (тобто чим більше число елементів фільтра).

Зв'язок між входом і виходом фільтра часто може бути досить значним (не гірше 60 дБ), незважаючи на різноманітні засоби боротьби з нею. Конструкція фільтра повинна забезпечувати такий ступінь ослаблення зв'язку, який дозволив би отримати затухання, що забезпечується власне фільтром. Тому, зокрема, фільтри з гарантованим затуханням в 100 дБ і більше виконують у вигляді вузла з електромагнітним екрануванням, який поміщається в корпус, виготовлений з матеріалу з високою магнітною проникністю магнітного екрана. Цим істотно зменшується можливість виникнення всередині корпусу паразитного зв'язку між входом і виходом фільтра через магнітне, електричне або електромагнітне поля.

До числа пристроїв, які захищаються за допомогою мережевих фільтрів відносять найрізноманітнішу апаратуру:

- комп'ютери;
- принтери;
- сканери;
- аудіо та відеосистеми;
- відео проєкційні засоби;
- радіотрансляційні приймачі і т.д.

Мережевий фільтр включають між мережею і пристроєм споживання.

На рис. 8.1 представлена принципова схема мережевого фільтра, розрахованого на потужність навантаження 100 Вт. Він забезпечує живлення одночасно двох споживачів.

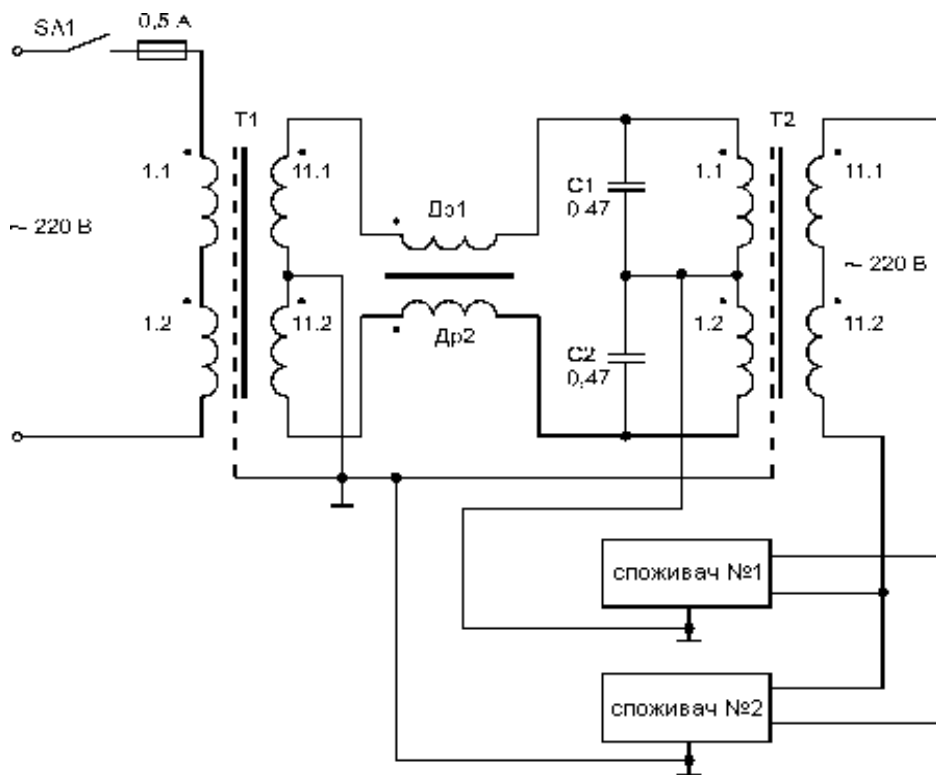


Рис. 8.1. Принципова схема мережевого фільтра

У цьому фільтрі використані два способи придушення перешкод: фільтрація розосередженим дроселем Др1, Др2 і

екранування мережевої обмотки трансформатора T1 і вихідної обмотки трансформатора T2. Електростатичним екраном мережевої обмотки трансформатора T1 і вихідної обмотки трансформатора T2 служать магнітопроводи і низьковольтні обмотки трансформаторів, розташовані поверх високовольтних і з'єднані із загальним проводом фільтру і пристроїв споживача. Оскільки напрямки обмоток і індуктивність дроселів Др1 і Др2 однакові, а струми через обмотки Др1 і Др2 протифазні, то сума магнітних полів цих обмоток дорівнює нулю. Отже, падіння напруги на дроселях Др1 і Др2 практично дорівнює нулю.

У пристрої використано два серійних трансформатора T1 і T2 типу ТПП296-127/220-50. Дві обмотки намотуються в два дроти одночасно проводом МГШВ-0, 5 і містять по двадцять витків кожна. Намотування повинно бути в один шар.

Для захисту ліній живлення і телефонних або інформаційних ліній широко застосовуються фільтри типу ФСП1, ПЕТЛ "Рікас-1" або "Рікас-2", а також "Граніт-8", що мають такі характеристики:

- діапазон частот – від 0,15 до 1000 МГц;
- максимальний струм 5А;
- загасання складає 60 дБ;
- максимальна напруга по постійному струму 500 В;
- максимальна напруга по змінному струмі 250В при 50 Гц.

Крім того, при експлуатації сучасних ПЕОМ широко використовуються джерела безперебійного живлення (ДБЖ), які дозволяють забезпечити живлення комп'ютера при відключенні живлення мережі, а також дозволяють забезпечити захист від витоку інформації по ланцюгах живлення.

Для знімання АЧХ фільтру використовують схему, що зображена на рис. 8.2. Тут наведено позначення: ГНЧ – генератор низьких частот; V – вольтметр змінної напруги; R<sub>н</sub> – опір навантаження; пунктиром обведено досліджуваний мережевий фільтр (у даному випадку – фільтр низьких частот).

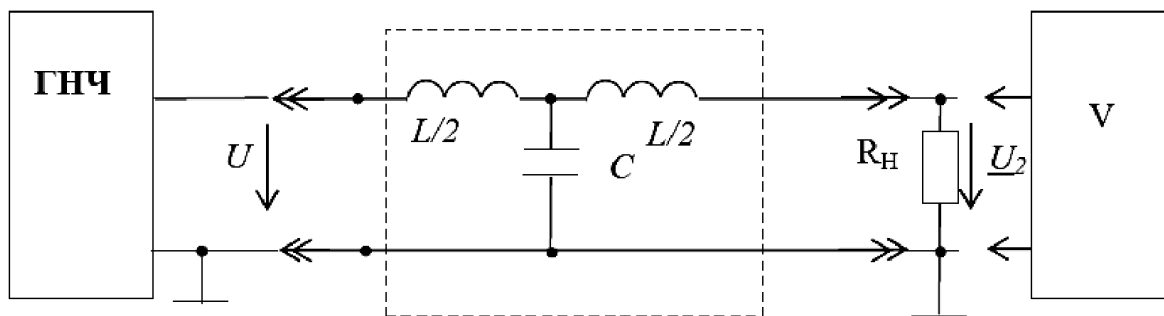


Рис. 8.2. Схема вимірювання АЧХ мережевого фільтру

### 3. Завдання до лабораторної роботи:

3.1. Скласти схему установки представлену на рис. 8.2 для дослідження АЧХ мережевого фільтру ФСП-10.

3.2. Збільшуючи частоту генератора синусоїдальних коливань в діапазоні 100-30000 Гц (з кроком 500 Гц) зняти відповідні покази амплітуди напруги на вольтметрі. Результати записати в таблицю.

3.3. За отриманими даними побудувати АЧХ коефіцієнта затухання (в дБ) фільтра ФСП-10 в режимі „холостого ходу” та при навантаженні  $R_n=1$  кОм

3.4. Зробити висновки.

### 4. Контрольні питання.

4.1. Для чого призначений мережевий фільтр ФСП-10?

4.2. Зобразіть типову схему мережевого фільтру.

4.3. Яке призначення конденсаторів на вході фільтру?

4.3. Яка смуга пропускання мережевого фільтру ФСП-10?

4.4. До активних чи пасивних засобів захисту відносять мережеві протизавадні фільтри?



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9

### Дослідження ефекту ВЧ-нав'язування.

#### 1. Мета роботи

Вивчити методи реалізації та застосування ефекту високочастотного нав'язування. Освоїти методи і засоби захисту мовної інформації від витoku, що зумовлений ВЧ- нав'язуванням.

#### 2. Короткі теоретичні відомості

Перехоплення оброблюваної технічними засобами інформації може здійснюватися шляхом спеціальних впливів на елементи технічних засобів. Одним з методів такого впливу є високочастотне нав'язування, тобто вплив на технічні засоби високочастотних сигналів. В даний час використовується два способи високочастотного нав'язування:

- за допомогою контактного введення високочастотного сигналу в електричні ланцюги, що мають функціональні або паразитні зв'язки з технічним засобом;
- шляхом випромінювання високочастотного електромагнітного поля.

Можливість витoku інформації при використанні високочастотного нав'язування пов'язана з наявністю в ланцюгах технічних засобів нелінійних або параметричних елементів. Нав'язувані високочастотні коливання впливають на ці елементи одночасно з низькочастотними сигналами, що виникають при роботі цих засобів і що містять охоронювані відомості. У результаті взаємодії на таких елементах високочастотно нав'язувані коливання виявляються промодульованими низькочастотними небезпечними сигналами. Поширення високочастотних коливань, модульованих небезпечними сигналами, по електропровідних ланцюгах або випромінювання їх у вільний простір створюють реальну можливість витoku закритої інформації.

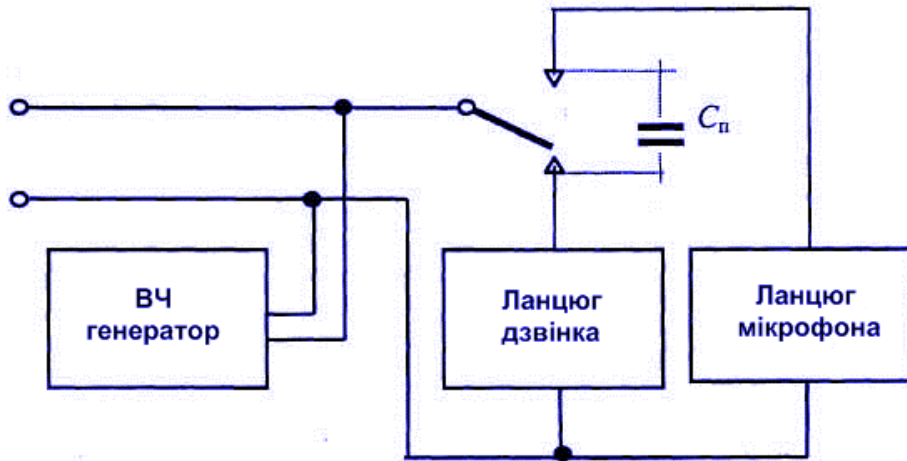


Рис. 9.1. Схема, що реалізує принцип ВЧ- нав'язування.

На рис. 9.1 представлена схема, що ілюструє принцип реалізації високочастотного нав'язування в телефонному апараті при покладеній телефонній трубці (тобто в ситуації, коли телефонна розмова не ведеться і ланцюг живлення мікрофону розімкнений).

У цьому випадку телефонна лінія використовується не тільки для передачі телефонних повідомлень, але і для прослуховування приміщення. Мікрофон є частиною електронної схеми телефонного апарату: він або з'єднаний з лінією (через окремі елементи схеми) при розмові, або відключений від неї, коли телефонний апарат знаходиться в очікуванні виклику (трубка знаходиться на апараті). На перший погляд, коли трубка лежить на апараті, немає ніякої можливості використовувати мікрофон в якості джерела знімання інформації. Насправді це не так.

Розглянемо спосіб, який не є еквівалентом безпосереднього підключення до лінії. Він заснований на високочастотному накачуванні. Для його реалізації до одного з проводів телефонної лінії підключають до якоїсь загальної маси (труб каналізації, опалення і т.д.) регульований в діапазоні 50 - 300 кГц високочастотний генератор. Шляхом плавного налаштування знаходять частоту його резонансу з телефоном і залишають працювати на цій частоті. При покладеній на важіль телефонній

трубці зовнішні високочастотні коливання через конструктивні елементи апарату і паразитні зв'язки проникають в його схему і активно модулюються мікрофоном, що реагує на звуки в кімнаті. Несучий інформацію сигнал через дрiт телефонної лінії надходить на пост перехоплення, розташований в межах декількох десятків метрів від контрольованого апарату, обробляється і реєструється.

На рис. 9.2 наведена схема прослуховування приміщення способом, який називається високочастотним нав'язуванням. Цей спiсiб аналогічний способу високочастотної накачки і полягає в наступному. На один з проводiв телефонної лінії, що йде від АТС до телефонного апарату ТА-2, подаються коливання частотою 150 кГц і вище від генератора Г. До iншого проводу лінії підключається детектор, виконаний на елементах С1, С2, VD1, VD2 і R1. Корпус передавача (генератор Г) і приймача (детектор) з'єднані між собою або із загальною землею, наприклад з водопровiдною трубою.

Високочастотні коливання через елементи схеми телефонного апарату ТА-2 поступають на мікрофон (навіть якщо трубка ТА-2 опущена) і модулюються мовною інформацією, яка є в приміщенні.

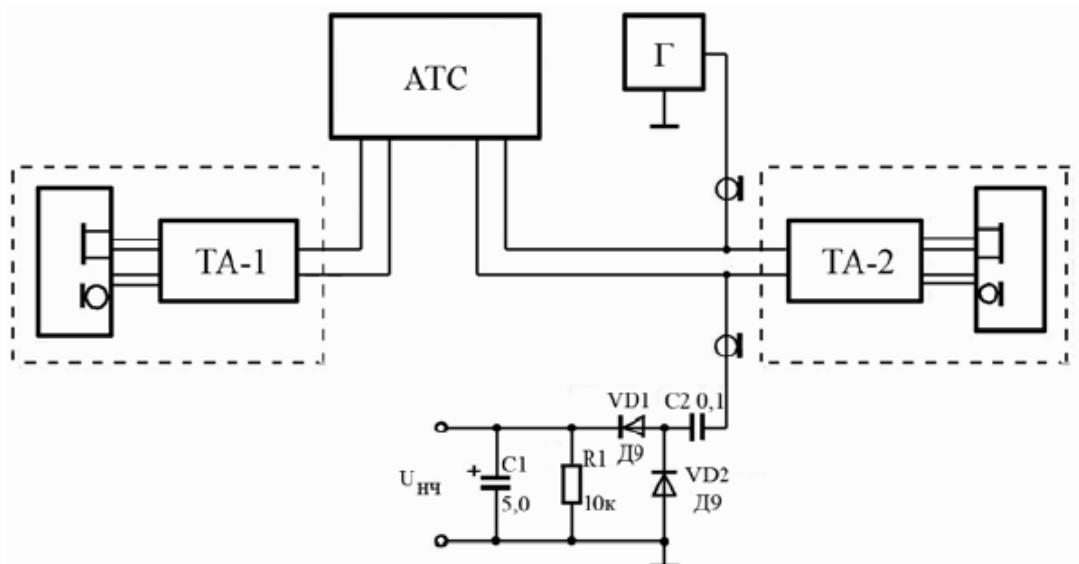


Рис. 9.2. Прослуховування приміщення через мікрофон телефонного апарату

Детектор приймача виділяє мовну інформацію, яка посилюється до необхідного рівня і обробляється. Внаслідок істотного загасання ВЧ сигналу в двопровідній лінії, дальність знімання інформації таким методом не перевищує декількох сотень метрів. Недолік цього методу полягає в тому, що його випадково може виявити кожен, хто зателефонує за тим же номером, а також незрозуміла зайнятість контрольованої лінії для інших абонентів.

Для захисту телефонного апарата від зняття інформації таким способом досить паралельно мікрофону підключити конденсатор ємністю 0,01 - 0,05 мкФ. При цьому останній буде шунтувати мікрофон по високій частоті і глибина модуляції ВЧ коливань зменшиться більш, ніж в 10000 разів, що робить подальшу демодуляцію сигналу практично неможливою.

Слід зазначити, що високочастотне нав'язування ("накачування") дозволяє знімати інформацію також з побутової і спеціальної апаратури (радіоточок, електричного годинника, протипожежної сигналізації) за наявності у неї провідної лінії, що виходить за межі приміщення.

### **3. Опис схеми реалізації ВЧ-нав'язування**

Для реалізації високочастотного нав'язування в телефонному апараті при покладеній трубці в даній лабораторній роботі використовується, що представлена на рис. 9.2. Вимірювання проводяться на ТА, який відключений від телефонної лінії. Для створення змінної напруги, що направлена до ТА використовується генератор високої частоти типу Г4-143. В якості детектора використовується абонентський трипрограмний гучномовець типу „Україна -303”.

Основні функції, виконувані радіоприймачем: частотна селекція – виділення зі всього радіочастотного спектру частини електромагнітних коливань, що містить шукану інформацію; підсилення – збільшення енергії прийнятих коливань до рівня, при якому стає можливим їх використання; детектування –

перетворення прийнятих модульованих радіочастотних коливань в електричні коливання, що безпосередньо містять інформацію, відповідно до закону модуляції. Ці функції реалізуються вхідними до складу радіоприймача частотно-селективними резонансними ланцюгами (коливальні контури, об'ємні резонатори, електричні фільтри), що налаштовуються на необхідні частоти або смуги частот (здійснюють селекцію сигналів); підсилювачами електричних коливань і детектором.

Трипрограмні гучномовці здатні відтворювати, крім першої, другу і третю програми дротового радіомовлення, які передаються тими ж проводами у виді амплітудно-модульованих сигналів з несучою частотою 78 кГц (друга програма) і 120 кГц (третя програма). Структурна схема трипрограмного гучномовця представлена на рис. 9.3.

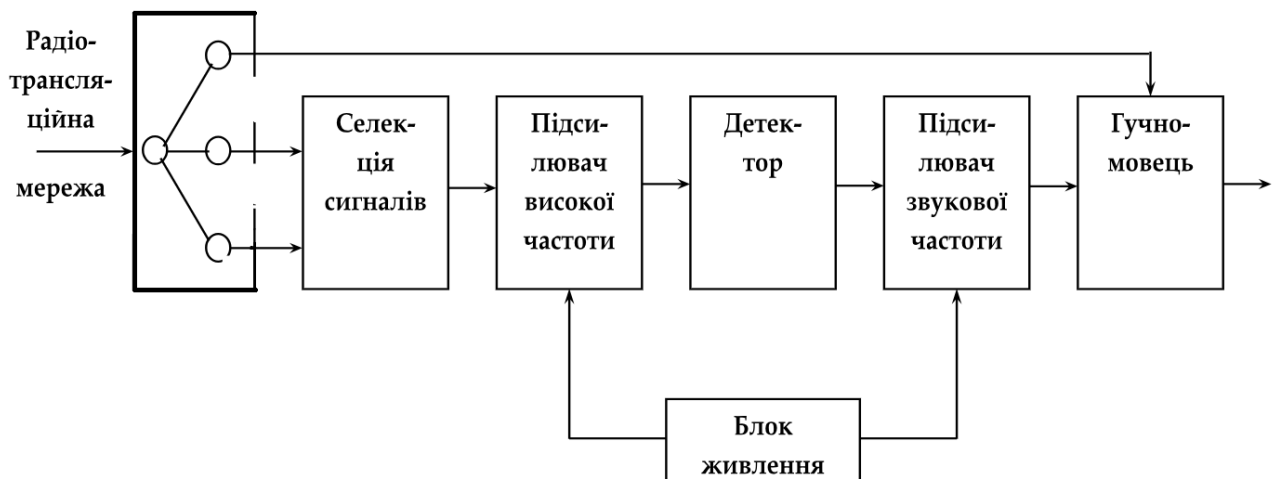


Рис. 9.3. Структурна схема трипрограмного абонентського радіоприймача

Як видно зі структурної схеми, при відтворенні другої і третьої програми задіяні пристрій для селекції сигналів, підсилювач високої частоти, детектор і підсилювач низької частоти.

#### 4. Завдання до лабораторної роботи:

4.1. Зібрати схему для здійснення ВЧ-нав'язування, що зображена на рис. 9.2.

4.2. Встановити частоту коливань ВЧ-генератора на рівні 120 кГц.

4.3. Перемкнути радіоприймач на прослуховування третьої програми.

4.4. Переконатися у можливості прослуховування ТА, постукуючи по його корпусу.

4.5. Під'єднати паралельно ТА конденсатор ємністю 0,01 мкФ і повторити дії (4.2-4.3).

4.6. Переконатися, що наявність конденсатора у схемі протидіє ВЧ- нав'язуванню і забезпечує захист мовної інформації.

4.7. Зробити висновки.

## **5. Контрольні питання**

5.1. В чому полягає метод ВЧ-нав'язування? Для чого він служить?

5.2. Яким чином в телефонному апараті реалізуються акустoeлектричні перетворення?

5.3. Перелічіть способи, якими можна усунути витік мовної інформації за рахунок ВЧ-нав'язування.

5.4. Який закон модуляції акустичної інформації спостерігається в ТА при реалізації схеми ВЧ-нав'язування? Як в цьому переконатися?

5.5. Для яких технічних засобів працює схема ВЧ-нав'язування?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

### Моделювання параметрів електричних фільтрів, що використовуються у якості технічних засобів захисту інформації

#### 1. Мета роботи

Вивчити методи досліджень характеристик електричних фільтрів, що використовуються в якості технічних засобів захисту інформації, та способів їх підключення в електричних колах. Освоїти засоби і методи моделювання частотних характеристик електричних фільтрів

#### 2. Короткі теоретичні відомості

*Фільтрування* є одним із методів локалізації небезпечних сигналів, що циркулюють у технічних засобах і системах обробки інформації. Для фільтрування сигналів у мережах живлення ОТЗ використовують розподільні трансформатори і заводоподавляючі фільтри.

*Розподільні трансформатори* забезпечують розв'язку первинного та вторинного кіл за сигналами наведень.

*Заводоподавляючі фільтри* поділяють на низькочастотні (ФНЧ) і високочастотні (ФВЧ), смугові та загороджувальні тощо. Головне їх призначення — пропускати без ослаблення сигнали з робочого діапазону частот, послаблюючи всі складові за межами цього діапазону. Найчастіше в технічних засобах захисту інформації використовують електричні фільтри високих і низьких частот.

Розглянемо один із можливих варіантів реалізації ФВЧ і ФНЧ за допомогою двох основних елементів - конденсаторів (С) і резисторів (R). Такі фільтри умовно називають RC - фільтрами. Вони мають порівняно невисоку селективність через використання у своєму складі тільки одного елемента, опір якого залежить від частоти сигнальних струмів - конденсатора. У той же час RC-фільтри прості в реалізації, мають малі габарити і дешевизну. Це

дозволяє використовувати їх у багатьох випадках, коли не потрібна висока селективність і сигнал має досить велику енергію, тому що необхідно враховувати втрати на активному опорі.

Застосовують RC - фільтри переважно у діапазонах інфразвукових і звукових частот, іноді й більш високих частотах. У малопотужних джерелах живлення електронної апаратури їх використовують для фільтрації випрямленої напруги. В підсилювачах вони застосовуються в ланцюгах корекції амплітудно-частотної характеристики та розв'язуючих фільтрах за ланцюгами живлення, що є важливим також з точки зору захисту інформації.

Основними параметрами фільтрів високих і низьких частот є:

- смуга пропускання;
- смуга загородження;
- частота зрізу;
- загасання в смузі пропускання;
- загасання в смузі загородження;
- крутизна частотної характеристики згасання (коефіцієнт прямокутності);
- хвильовий (характеристичний) опір.

Ефективні методи аналізу частотних характеристик фільтрів ґрунтуються на застосуванні символічного методу аналізу гармонійних коливань. Оскільки будь-який фільтр вважається чотирьохполюсником (рис. 10.1), то це дає можливість застосувати загальну теорію електричних кіл для теоретичного дослідження фільтрів.

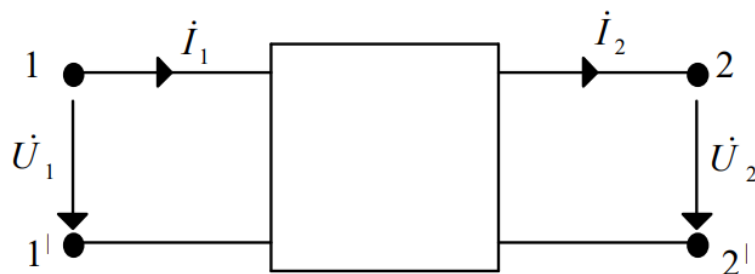


Рис. 10.1. Пасивне лінійне електричне коло (чотирьохполюсник)



Як правило, для характеристики чотириполюсників вводять поняття комплексної функції електричного кола - відношення комплексного зображення реакції кола до комплексного зображенню впливу, які задані у вигляді функцій уявної частоти.

Комплексною передавальною функцією кола або чотириполюсника (комплексним коефіцієнтом передачі) називається відношення комплексних амплітуд струму і напруги, що діють на виході кола (чотириполюсника) до відповідних значень на його вході:

$$K_{\Pi}(j\omega) = \frac{\overline{U}_2}{\overline{U}_1}, \quad (10.1)$$

де  $\overline{U}_1$  - вектор змінної напруги на вході фільтра;  $\overline{U}_2$  - вектор змінної напруги на виході фільтра;  $\omega = 2\pi f$  - кутова частота змінного сигналу. Комплексний коефіцієнт передачі являє собою запис двох характеристик - амплітудно-частотної (АЧХ) і фазочастотної (ФЧХ):

$$K_{\Pi}(j\omega) = N_1(\omega) + N_2(\omega), \quad (10.2)$$

при цьому перша характеристика виражається модулем комплексного коефіцієнта передачі  $K_{\Pi}(\omega)$ , а друга - його аргументом  $\varphi(\omega)$ . Таким чином,

$$K_{\Pi}(\omega) = \sqrt{N_1^2(\omega) + N_2^2(\omega)}, \quad (10.3)$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{N_2(\omega)}{N_1(\omega)}, \quad (10.4)$$

Або, іншими словами, залежність модуля  $K_{\Pi}(\omega)$  комплексної передавальної функції кола від частоти називається її амплітудно-частотною характеристикою. Частотна залежність різниці фаз гармонійної реакції кола і гармонійного впливу називається фазо-частотною характеристикою кола (ФХЧ).

Якщо зміни амплітуд вхідного і вихідного сигналів великі, то АЧХ виражають в логарифмічному масштабі. З цією метою вводиться логарифмічна одиниця виміру модуля комплексного коефіцієнта передачі в децибелах (дБ), яка визначається рівністю:

$$K_{\Pi}(j\omega) = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}, \quad (10.5)$$

де  $U_1, U_2$  - амплітудні значення вхідної і вихідної напруги відповідно.

### 3. Пасивні RC-фільтри високих і низьких частот

Схеми фільтрів низьких або високих частот, розроблені за допомогою пасивних компонентів, називаються пасивними фільтрами. На рис. 10.2 зображено схеми НЧ (а) та ВЧ (б) пасивних фільтрів.



Рис. 10.2. RC-фільтри низьких (а) і високих (б) частот

Оскільки ці схеми мають лише один реактивний компонент, то їх також називають однополюсними фільтрами або фільтрами першого порядку. Частотно чутливим компонентом наведених схем є конденсатор, який створює "ємнісний реактивний опір". Добре відомо, що ємнісний реактивний опір обернено пропорційно частоті сигналу, що протікає через фільтр, а саме:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}, \quad (10.6)$$

де  $X_C$  - реактивний опір в Ом,  $f$  - частота в Гц,  $C$  - ємність конденсатора в Ф. Крім конденсатора у колі також є активний опір

(резистор), тому повний опір (імпеданс) визначатиметься за формулою:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \quad (10.7).$$

Застосуємо наведені у розділі 2 формули для розрахунку амплітудно-частотної та фазо-частотної характеристик фільтра низьких частот. Таким чином, комплексний коефіцієнт передачі НЧ фільтру визначатиметься співвідношенням:

$$K_{\Pi}(j\omega) = \frac{\vec{U}_2}{\vec{U}_1} = \frac{-j\frac{1}{\omega C}}{R - j\frac{1}{\omega C}} = \frac{1}{1 + \omega RC}. \quad (10.8)$$

Відповідно АЧХ та ФЧХ, що визначаються частотними залежностями коефіцієнту передачі і зсуву фаз, можна побудувати, використовуючи формули:

$$K_{\Pi}(\omega) = \frac{\frac{1}{\omega C}}{\sqrt{R^2 + (-\frac{1}{\omega C})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}. \quad (10.9).$$

$$\varphi(\omega) = \arctg(\omega RC).$$

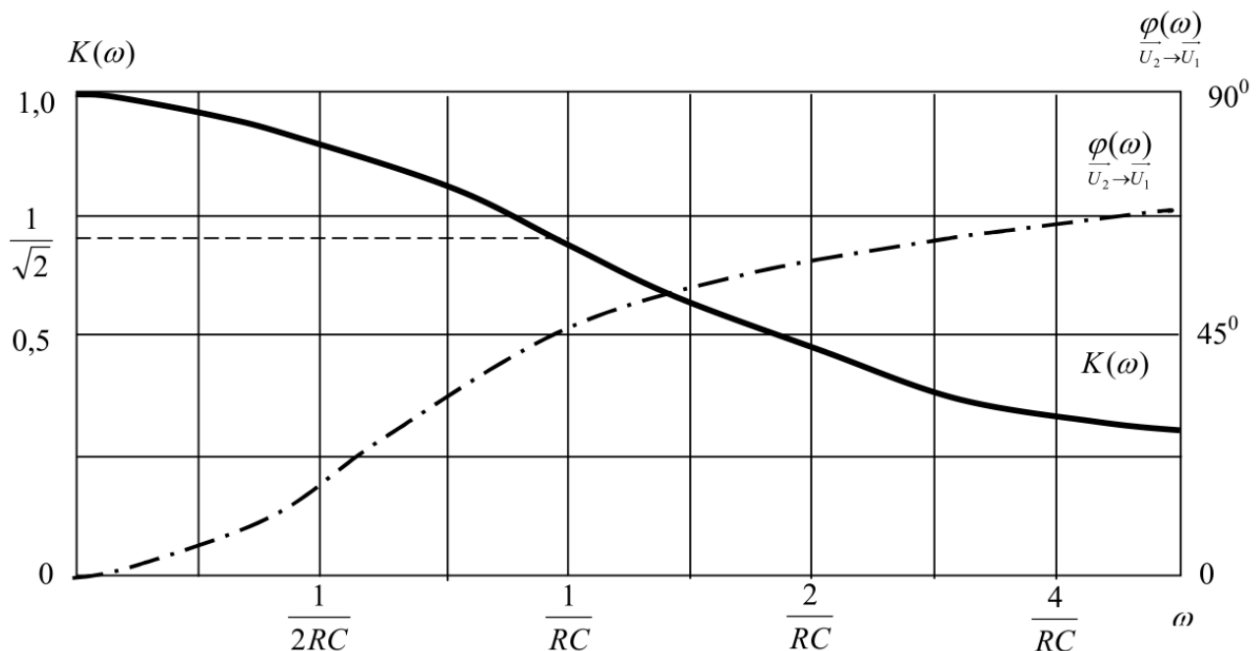


Рис. 10.3. Амплітудно-частотна (а) і фазочастотна (б) характеристики RC-фільтра низьких частот

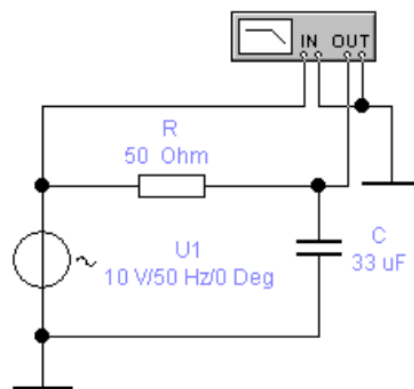
З графіків бачимо, що при частоті сигналу рівній  $\omega_{зр} = \frac{1}{RC}$  амплітуда сигналу зменшується на -3дБ, тобто в  $\sqrt{2}$  раз, а вихідний сигнал відстає від вхідного на  $45^\circ$ . Така частота називається *частотою зрізу* фільтра.

#### 4. Завдання до лабораторної роботи:

4.1. Запустити програму ELECTRONICS WORKBENCH.

4.2. Зібрати на робочому полі монтажного столу макет електричного ланцюга згідно схеми RC-фільтра низьких частот, що зображена на рис. 10.2, а.

4.3. Встановити для джерела ЕРС діючі значення напруги  $U_1 = 10$  В та частоту  $f = 50$  Гц. Значення параметрів фільтра встановити такими:  $R=50$  Ом, а  $C = N$  мкФ, де  $N$  - порядковий номер студента в журналі академічної групи.



а

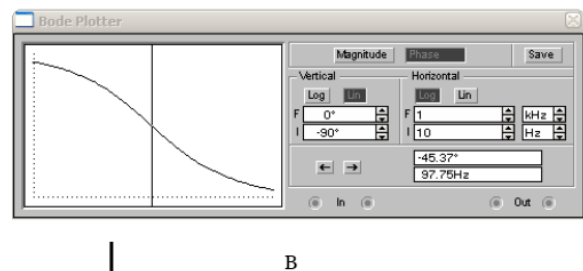
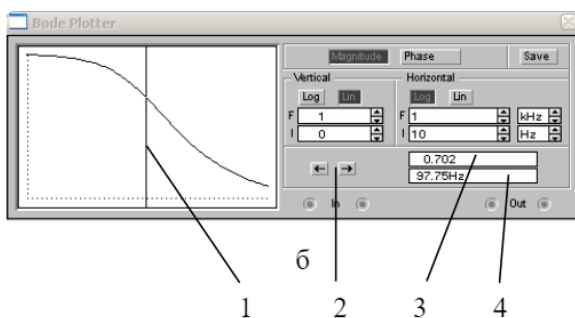



Рис. 10.4. Схема підключення Bode Plotter до НЧ фільтра (а) та його налаштування для визначення АЧХ і ФЧХ досліджуваного фільтра (б, в)

4.4. Підключити до схеми фільтра (рис. 10.4, а) вимірювач АЧХ та ФЧХ (Bode Plotter – вимірювач діаграм Боде) з панелі приладів. Розгорнути зображення Bode Plotter подвійним натисканням клавіші миші і виконати його налаштування. Переконалися, що активізовано режим вимірювання АЧХ Magnitude. Встановити логарифмічний масштаб Log для частоти Гц, що відкладається по осі X Horizontal і десятковий масштаб Lin для вимірюваної безрозмірної величини  $K_U$ , що відкладається по вертикалі Vertical. Підібрати за допомогою відповідних лічильників  такі початкові значення  $I$  і кінцеві  $F$  вимірюваної величини і частоти, щоб АЧХ розміщувалася в максимальному масштабі на всьому екрані Bode Plotter (рис. 10.4, б).

4.5. Перемістити візирну лінію (позначено “1” на рис. 10.4, б) за допомогою миші або за допомогою кнопок керування (2 - на рис. 10.4, б) доти, поки у вікні 3 не з'явиться значення  $K_U \approx 0,707$  або -3 дБ у разі вибору логарифмічного масштабу по осі Vertical (на рис. 10.4, б це значення дорівнює «0.702»). При цьому у вікні 4 відобразиться значення частоти зрізу  $f_c$  (на рис. 10.4, б це значення дорівнює «97.75 Hz»). Скопіювати за допомогою команди Edit/Copy as Bitmap зображення схеми, що моделюється, і АЧХ з Bode Plotter в буфер обміну, а потім вставити їх у звіт про виконання роботи.

4.6. Переключити Bode Plotter на режим вимірювання ФЧХ Phase. При цьому у вікні 3 відобразиться значення фазового зсуву, що відповідає частоті зрізу (на рис. 10.4, в це значення дорівнює «-45.37°»). Вставити зображення ФЧХ із Bode Plotter у звіт про виконання роботи.

4.7. Перемкнути Bode Plotter на режим вимірювання ФЧХ Phase. При цьому у вікні 3 відобразиться значення фазового зсуву, що відповідає частоті затримки досліджуваного фільтра. Вставити зображення ФЧХ із Bode Plotter у звіт про виконання лабораторної роботи.

4.8 Підключити на вихід досліджуваного RC-фільтра опір навантаження 100 Ом та повторити п.п. 4.5-4.6.

4.9 Зібрати на робочому полі монтажного столу макет електричного ланцюга за схемою фільтру високих частот (рис. 10.2, б), використовуючи значення ЕРС та параметрів фільтру з п.п. 4.3. Повторити виконання п.п. 4.5-4.8. Розрахувати частоту зрізу за формулою, що наведена у розділі 3 даної роботи та порівняти її з результатами моделювання RC-фільтрів у середовищі ELECTRONICS WORKBENCH.

4.10.Зробити висновки.

## **5. Контрольні питання.**

5.1. Що називається фільтром нижніх частот?

5.2. Що називається фільтром верхніх частот?

5.3. Назвіть основні характеристики фільтра нижніх та верхніх частот.

5.4. Що таке частота зрізу та як вона визначається?

5.5. Що таке амплітудно-частотна характеристика фільтра і від яких параметрів вона залежить?

5.5. Що таке фазо-частотна характеристика фільтра?

## Рекомендована література:

1. Конахович Г.Ф., Климчук В.П., Паук С.М., Потапов В.Г., Чуприн В.М., Горбунов О.О. Захист інформації в телекомунікаційних системах: Навчальний посібник. – К.: НАУ, 2009. – 380 с.
2. Тихонов Ю.О., Савченко В.А., Котенко А.М., Зідан А.М. Лабораторний практикум з Теорії кіл і сигналів в інформаційному та кіберпросторах. – К.: ДУТ, 2019. – 221с.
3. Лаптев О.А. Методологічні основи автоматизованого пошуку цифрових засобів негласного отримання інформації. – К. ДУТ, 2020 – 326 с.
4. Лаптев О.А., Савченко В.А., Шуклін Г.В. Виявлення та блокування засобів негласного отримання інформації на об'єктах інформаційної діяльності. – К.: ДУТ. – 2020. – 126 с.
5. Гладкіх В.І. Поля і хвилі у системах технічного захисту інформації: методичні вказівки до лабораторних робіт. – Одеса: ОНАЗ – 2013. – 68 с.
6. Шокало В.М., Усін В.А., Грецьких Д.В., Хорошко В.О., Крючкова Л.П. Поля і хвилі у системах технічного захисту інформації. – Харків: ХНУРЕ ; Колегіум - 2013. – 450 с.

Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Times New Roman.  
Друк офс. Ум. друк арк. 4,68. Обл.-вид. арк. 3,64.  
Тираж 100 шт. Замовлення №87.

Видавництво Бреза  
м. Ужгород, вул. Університетська, 21/20. Тел./факс: (0312) 64-37-22  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4815 від 25.01.2015 р.  
Друк: ФОП Сабов А.М., тел.: 050-43-22-437