

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет

**4172 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до виконання лабораторної роботи  
«Дослідження амплітудно-частотних характеристик фільтрів  
за допомогою приладу Х1-7Б»  
з дисципліни «Теорія сигналів та розрахунку електричних кіл»  
для студентів напряму підготовки «Телекомунікації»

Суми  
Видавництво СумДУ  
2016

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження амплітудно-частотних характеристик фільтрів за допомогою приладу Х1-7Б» з дисципліни «Теорія сигналів та розрахунку електричних кіл» / укладачі: О. М. Кобяков, О. А. Любивий. – Суми: Сумський державний університет, 2016. – 13 с.

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

**Мета роботи** – закріпити знання з теорії сигналів, набути практичні навички з візуальної орієнтації та зняття АЧХ за допомогою приладів.

### **Перелік контрольних запитань**

- 1 Види фільтрів.
- 2 Спектр прямокутного імпульсу та АМ сигналу.
- 3 Опис найпростішого ФНЧ, його АЧХ.
- 4 Опис найпростішого ФВЧ, його АЧХ.
- 5 Визначення підсилення (затухання) сигналу в децибелах.

### **Прилади і матеріали**

- 1 Прилад для дослідження АЧХ Х1-7Б.
- 2 Генератор сигналів високої частоти Г4-102.
- 3 Осцилограф С1-83.
- 4 Робоча плата.
- 5 Спеціальні комутаційні кабелі.

### **Теоретичний матеріал**

*Електричний фільтр* – це пристрій, через який електричні коливання одних частот проходять з малим затуханням, а інших частот – з великим затуханням. Діапазон частот, у межах якого затухання не перевищують деякої установленної величини, називається *смугою пропускання* (СП), а діапазон частот, де затухання не менше деякої заданої величини, називають *смугою затримання* (СЗ).

В залежності від розташування СП і СЗ електричні фільтри поділяються на фільтри нижніх частот (ФНЧ), фільтри верхніх частот (ФВЧ), смугові фільтри (СФ) і загороджувальні фільтри (ЗФ).

Частота, що лежить на межі (границі) смуги пропускання і смуги затримання називається частотою зрізу ( $f_3$ ). Графік залежності коефіцієнта передачі фільтра від частоти вхідного сигналу називається характеристикою пропускання, причому коефіцієнт передачі визначається за формулою:

$$K(f) = \frac{U_{вих}}{U_{вх}}$$

або в логарифмічних одиницях – децибелах (дБ)

$$K = 20 \lg \frac{U_{вих}}{U_{вх}} \text{ дБ.}$$

Графік залежності затухання фільтра від частоти називається характеристикою затухання. Затухання визначається за формулою:

$$b = \frac{U_{вх.}}{U_{вих.}} ;$$

або – в децибелах (дБ)  $b = 20 \lg \frac{U_{вх}}{U_{вих}}$  дБ.

При цьому знак «-» коефіцієнта свідчить про ослаблення сигналу, знак «+» про підсилення

Зупинимось на найпростіших схемах фільтрів. Фільтри нижніх частот (ФНЧ) з *T*-подібними і *Π*-подібними ланками (рис. 1 а, б) мають одну частоту зрізу  $f_3$ .

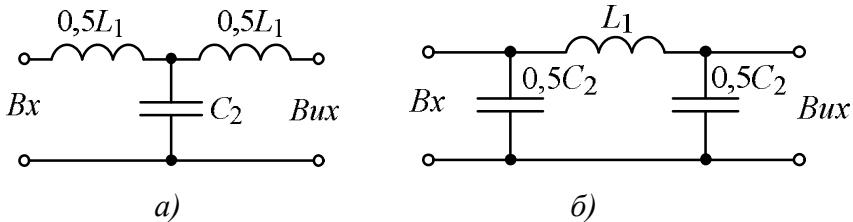


Рисунок 1 – Фільтр нижніх частот  
а) *T*- подібний, б) *Π*- подібний

Для частот, вищих  $f_3$  індуктивний опір котушок  $L_1$  ( $X_{L_1} = \omega L_1$ ) різко збільшується, а ємнісний опір конденсаторів

$C_2$  ( $X_{C_2} = \frac{1}{\omega C_2}$ ) зменшується.

Параметри схеми розраховуються за формулами:

$$L_1 = \frac{R_n}{\pi f_3}, \quad C_2 = \frac{1}{\pi R_n f_3},$$

де  $R_n$  – опір навантаження фільтра.

Амплітудно-частотна характеристика ФНЧ (рис. 2).

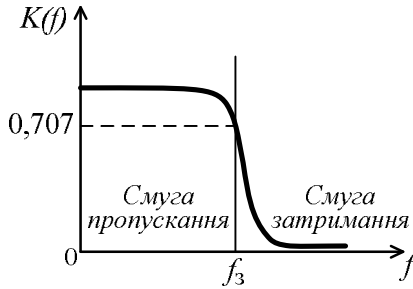


Рисунок 2 – Амплітудно-частотна характеристика ФНЧ

Якщо прийняти коефіцієнт підсилення  $K = 1$ , то частота зрізу  $f_3$  визначається на рівні  $\frac{K}{\sqrt{2}} = 0,707$ .

Фільтри верхніх частот (ФВЧ) з  $T$ -подібними і  $\Pi$ -подібними ланками (рис. 3 а, б) мають теж одну частоту зрізу  $f_3$ .

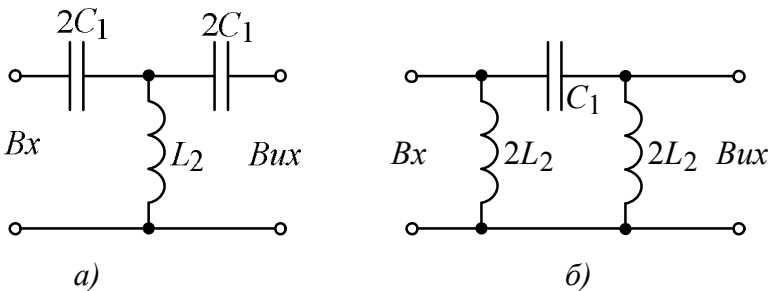


Рисунок 3 – Фільтр верхніх частот  
а)  $T$ -подібний, б)  $\Pi$ -подібний

Елементи схеми підбираються таким чином, щоб на частотах  $f > f_3$  опір конденсаторів був дуже малим, а індуктивний опір котушок – великий.

Параметри схеми:

$$L_2 = \frac{R_n}{4\pi f_3}, \quad C_1 = \frac{1}{4\pi f_3 R_n}.$$

Амплітудно-частотна характеристика ФВЧ (рис. 4).

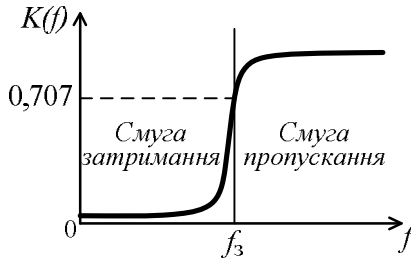


Рисунок 4 – Амплітудно-частотна характеристика ФВЧ

Розміщення органів керування приладу для дослідження амплітудно-частотних характеристик ХІ-7Б

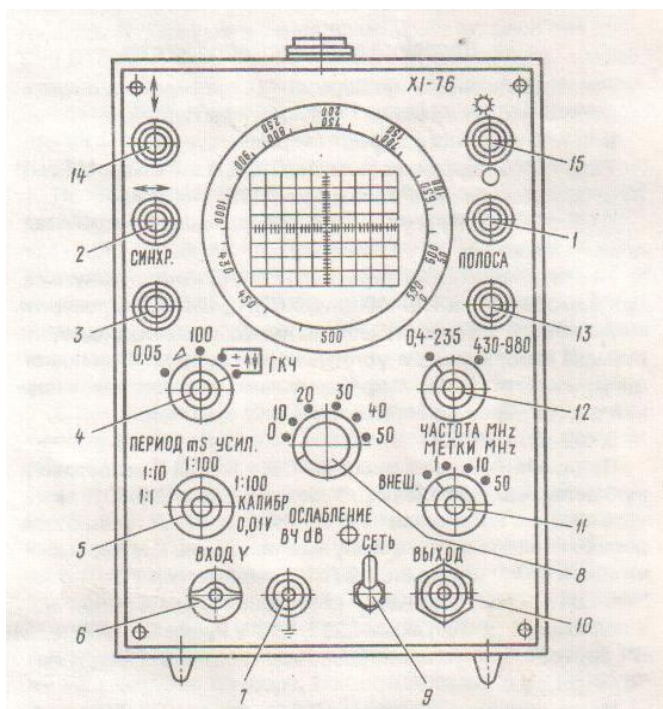


Рисунок 5 – Розміщення органів керування ХІ-7Б

№ позиції	Найменування органу керування	Призначення
1	Ручка регулювання фокуса	Фокусування променя
2	Ручка зміщення Х	Зміщення променя по горизонталі
3	Ручка синхронізації «СИHXР»	Синхронізація блока розгортки
4	Ручка розгортки «ПЕРИОД мS	Регулювання тривалості розгортки; перемикання виду роботи.

№ позиції	Найменування органу керування	Призначення
5	Ручка регулювання вертикального відхилення сигналу «УСИЛ»	Ступінчасте і плавне послаблення вхідного сигналу в 10, 100, 1000 раз; перемикання в положення «КАЛИБР. 0,01V»
6	Роз'єм «ВХОД Y»	Подача напруги на вхід приладу
7	Клемма $\frac{\perp}{\text{---}}$	Підключення елементів заземлення
8	Ручка «ОСЛАБЛЕНИЕ ВЧ dB»	Плавне регулювання ослаблення напруги ВЧ в межах від 0 до 50dB
9	Тумблер «СЕТЬ»	Вмикання мережевої напруги
10	Роз'єм «ВЫХОД»	Видача напруги хитної частоти
11	Ручка «МЕТКИ МГц»	Плавне регулювання розмаху міток, ступінчасте перемикання частоти міток 1,10 і 50 МГц.
12	Ручка «ЧАСТОТА МГц»	Перемикання піддіапазонів 0,4-235МГц і 430-980 МГц, плавне перестроювання центральної частоти.
13	Ручка «ПОЛОСА»	Плавне регулювання смуги хитання частоти
14	Ручка зміщення Y	Зміщення променя по вертикалі
15	Ручка регулювання яскравості	Установка яскравості променя
16	Роз'єм «внеш. метки»(задня стінка)	Подача напруги для утворення міток від зовнішнього генератора



## Підготовка приладу до вимірювань

1 Перед вмиканням шнура живлення в мережу необхідно:

- установити тумблер «СЕТЬ» в нижнє положення;
- поставити у середнє положення ручки: зміщення Y, X, яскравість, фокус;
- при вмиканні тумблера «СЕТЬ» у верхнє положення загорасться індикатор. Прогрівання триває 15 хв.

2 В режимі ГХЧ (генератора хитної частоти), підключити до розніму «ВЫХОД» узгоджену детекторну головку з кабелем фіолетового кольору, другий кінець якого підключається до розніму «ВХОД Y».

Перемикач «ПЕРИОД mS» встановити в положення «ГКЧ».

Ручкою «УСИЛ» встановити розмах калібрувального імпульса на вісім клітинок масштабної сітки на екрані.

Перемикачі «УСИЛ» встановити в положення «1:10».

«ЧАСТОТА МГц» ----- // ----- «0,4 – 235».

«МЕТКИ МГц» ----- // ----- «50».

Ручки «ОСЛАБЛЕНИЕ ВЧ dB» ----- // ----- «0».

«ПОЛОСА» ----- // ----- середнє положення.

Після появи на екрані власної АЧХ (дві горизонтальні лінії) приладу з розмахом не менше трьох клітинок за допомогою ручок «ЧАСТОТА МГц» перевірити наявність напруги ВЧ і міток через 50 МГц на 1 піддіапазоні «0,4 – 235».

Ручкою плавного регулювання «МЕТКИ МГц» установлюється необхідна амплітуда міток 5-10мм. Ручкою «УСИЛ» встановити бажану величину зображення АЧХ.

Перевірити наявність міток через 10 і 1 МГц.

Вищевказані операції повторити на II піддіапазоні «430-980».

Вимкнути прилад тумблером «СЕТЬ». При відповідній реакції на всі органи регулювання прилад вважається готовим до вимірювань.

## Порядок виконання роботи

Дослідження фільтрів, чотириполісників виконується за схемою (рис. 6 а)

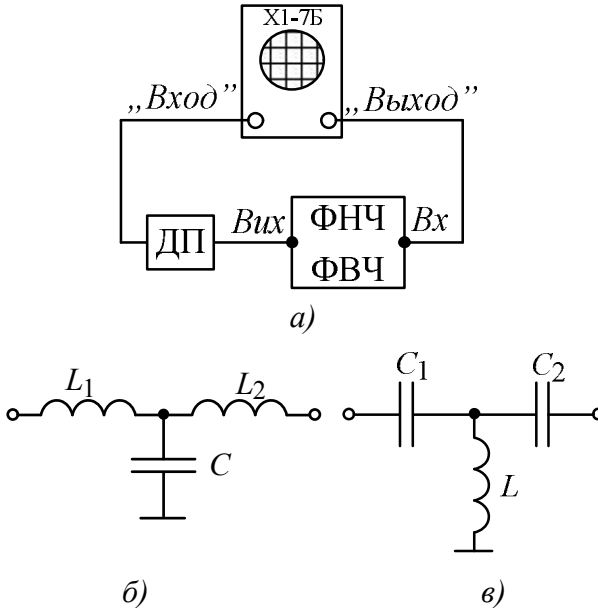


Рисунок 6 – Схема з'єднань при роботі з приладом X1-7Б  
ДП – детекторний пристрій

ФНЧ, ФВЧ – узгоджені T-подібні фільтри низької (рис. 6 б) і високої (рис. 6 в) частоти

Фільтри змонтовані на робочій платі, де їх можна досліджувати за відповідно вказаними положеннями перемикального тумблера.

1 Робоча плата підключається до генератора хитної частоти (гніздо «ВЫХОД» приладу X1-7Б).

До виходу робочої плати приєднується детекторний пристрій, від якого сигнал через кабель фіолетового кольору надходить до гнізда «ВХОД Y» приладу.

Після вмикання тумблера «СЕТЬ» на екрані з'являється АЧХ досліджуваного фільтра.

2 Визначити за допомогою міток частоту зрізу  $f_3$   $T$ -подібного фільтра низької частоти (ФНЧ), а також ступінь затухання сигналу в децибелах в цій точці АЧХ.

3 Маючи можливість змінювати ємність  $C$  фільтра, дослідити залежність  $f_3 = f(C)$ , зробити висновок.

4 Знаючи номінал ємності  $C$  фільтра обчислити значення індуктивності  $L$  фільтра, користуючись формулами лекційного матеріалу.

В якості опору навантаження  $R_n$  фільтра приймаємо вхідний опір приладу ХІ-7Б ( $R_n = 15$  кОм).

Значення добротності фільтра вважати близьким або рівним 1.

5 Змінюючи за допомогою викрутки положення осердя котушок дослідити залежність  $f_3 = f(L)$ , зробити висновок.

6 Визначити амплітуду АЧХ (напругу вхідного високо-частотного сигналу) за допомогою цифрового вольтметра В7-35.

7 Переключивши тумблер в положення «ФВЧ», проробити п.п. 2, 4, 5 з фільтром високої частоти.

Таблиця 1.

	ФНЧ	ФВЧ
$f_3$		

8 Одержати на екрані приладу ХІ-7Б зображення спектра заданого значення синусоїдного ВЧ-сигналу, з метою чого:

– вихідне гніздо « $\mu V$ » генератора високої частоти Г4-102 з'єднати з роз'ємом «внеш. метка» на задній стінці приладу ХІ-7Б;

– установити на кнопкових діапазонах 6, 7 генератора значення частоти, запропоноване викладачем, і порівняти його з частотою сигналу, відображеного на екрані приладу.

9 Використовуючи осцилограф С1-83, визначити параметри амплітудно-модульованого сигналу, для чого:

– вихідний роз'єм генератора Г4-102 з'єднати кабелем з вхідним роз'ємом осцилографа (канал 1) і за допомогою ручки часової розгортки «время/дел» установити на екрані осцилографа зображення 1-2 періодів АМ-сигналу;

– фіксуючи значення часової розгортки, розрахувати величину модулюючої частоти;

– збільшити роздільну здатність осцилографа ручкою «время/дел» і розрахувати таким самим способом величину несучої частоти.

### **Зміст звіту**

1 Тема роботи.

2 Значення потрібних вимірів.

3 Висновки.

Навчальне видання

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторної роботи

«Дослідження амплітудно-частотних характеристик фільтрів  
за допомогою приладу X1-7Б»

з дисципліни «Теорія сигналів та розрахунку електричних кіл»  
для студентів напряму підготовки «Телекомунікації»

Відповідальний за випуск А. С. Опанасюк  
Редактор Н. А. Гавриленко  
Комп'ютерне верстання І. Є. Бражник

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 4.19. Обл.-вид. арк. 4.08.

Видавець і виготовлювач  
Сумський державний університет,  
вул. Римського – Корсакова, 2, м. Суми, 40007  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.