

## Лабораторна робота 4

### ДОСЛІДЖЕННЯ СПРИЙНЯТЛИВОСТІ РАДІОПРИЙМАЧА ПО ПОБІЧНИМ КАНАЛАМ ПРИЙОМУ

Метою цієї роботи є дослідження сприйнятливості радіоприймача (РПП) по побічним каналам прийому та визначення відповідних частот.

#### Стислі теоретичні відомості

Побічними каналами прийому є смуги частот, що знаходяться за межами основного та сусідніх каналів прийому, в яких сигнал проходить на вихід радіоприймача. [3] Побічні канали підрозділяються на комбінаційні та інтермодуляційні. Комбінаційні, в свою

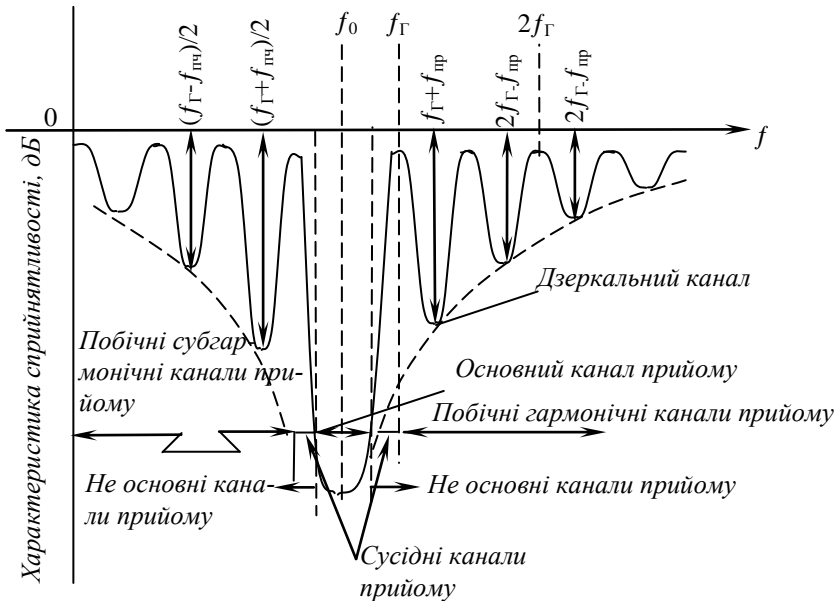


Рис.4.1. Розташування основного та неосновних каналів прийомів відносно частоти настрійки РПП  $f_0$

чергу, діляться на дзеркальний канал, канал на проміжній частоті, канал на частоті гетеродина та канали на гармоніках та субгармоніках несучої частоти (рис. 4.1).

Наявність побічних каналів прийому може привести до погіршення якості прийому корисного сигналу.

Утворення проміжної частоти  $f_{\text{пр}}$  в радіоприймачах супергетеродинного типу супроводжується утворенням на виході перетворювача частоти сумарних та різнистних частот завади і гетеродина, а також їх гармонік:

$$mf + nf_r = f_{\text{пр}} \pm \frac{B_{\text{пч}}}{2}. \quad (4.1)$$

де  $m, n$  – номери гармонік завади і гетеродина;

$f$  – частота першої гармоніки завади;

$f_r$  – частота першої гармоніки гетеродину;

$f_{\text{пр}}$  – проміжна частота;

$B_{\text{пч}}$  – смуга пропускання підсилювача проміжної частоти.

Більшість цих новоутворених частот разом з корисним сигналом знаходиться в смузі пропускання підсилювача проміжної частоти. Значення частот завад, що можуть утворювати побічні канали прийому, можуть бути визначені співвідношенням (4.2):

$$f = \frac{|nf_r \pm f_{\text{пр}}|}{m}. \quad (4.2)$$

Найбільш сприйнятливими є побічні канали, що мають малі значення  $m, n = 1, 2, 3$ , особливо при  $m = 1$ , коли побічний канал утворюється за участю основної частоти завади. Це пояснюється тим, що сприйнятливість приймача пов'язана з амплітудою перетвореного сигналу. Найбільш вагомими є ті складові, порядок перетворення яких  $p = |m| + |n| \leq 5 \div 7$ .

Кількість побічних каналів, їх порядок та значення фокусних частот на яких вони утворюються, можуть бути визначені шляхом розрахунків, якщо відомі робочі частоти РПП  $f_{\text{min}}$  і  $f_{\text{max}}$ , частота гетеродина  $f_r$ , а також проміжна частота  $f_{\text{пр}}$ .

Для визначення фокусних частот, їх кількості та порядку побічних каналів прийому необхідно:

4.1.1. Розрахувати відношення першої проміжної частоти до робочої частоти РПП  $f_{\text{пр}} / f_{\text{н}}$  на краях діапазону частот досліджуємого радіоприймача  $f_{\text{мін}}$  і  $f_{\text{макс}}$  і на номограмі, зображеної на рис. 4.2, провести дві горизонтальні лінії через точки, що відповідають відношенням  $f_{\text{пр}} / f_{\text{мін}}$  і  $f_{\text{пр}} / f_{\text{макс}}$ .

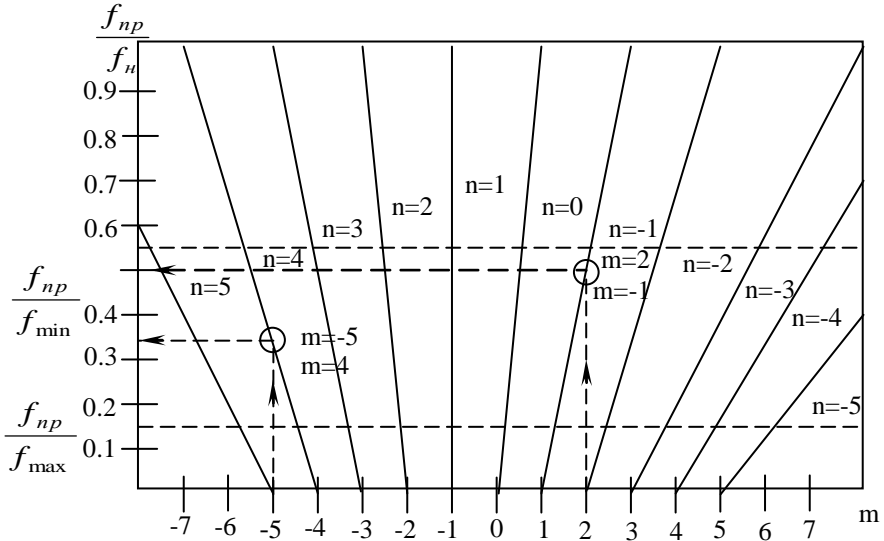


Рис.4.2 Номограма для визначення кількості побічних каналів прийому, їх порядку та значень фокусних частот

4.1.2. В межах отриманого інтервалу значень  $f_{\text{пр}} / f_{\text{н}}$  виписати комбінації  $m$  і  $n$  з їх знаками, що відповідають дискретним значенням функції

$$f(m) = \frac{f_{\text{пр}}}{f_{\text{н}}} = \frac{m + n}{1 \mp n}. \quad (4.3)$$

Значення цієї функції визначаються точками перетину похилих ліній графіка з прямими, що проведені паралельно осі  $f_{\text{пр}} / f_{\text{н}}$  з точок цілих значень  $m$ .

4.1.3. За знайденим значенням  $m$  і  $n$  розрахувати частоти фокусів  $f_{\phi}$  згідно (4.3) та занести їх в протокол досліджень.

В подальшому дані будуть використані для порівняльного аналізу з результатами експериментальних досліджень.

Побічні канали прийому характеризуються також сприйнятливостю до радіозавад, тобто властивістю реагувати на радіозавади, що діють через антену. Вона визначається чутливістю побічних каналів та частотною вибірковістю.

Характеристика частотної вибірковості радіоприймача є залежність рівня сигналу на вході від частоти цього сигналу при заданому відношенні сигнал/шум або рівня сигналу на виході радіоприймача. Ця характеристика може бути виміряна односигнальним методом, що передбачає наявність на вході тільки одного сигналу, який не викликає нелінійних ефектів в тракті радіоприймача.

Оскільки характеристика частотної вибірковості для приймачів одного класу може значно відрізнятись, в задачах прогнозування і оцінці електромагнітного оточення доцільно використовувати статистичну модель сприйнятливості по побічним каналам, що створюється на основі результатів виміру параметрів РПП даного класу.

Середнє значення огинаючої сприйнятливості радіоприймача описується виразом:

$$P(f_i) = P(f_0) + I \lg f_i / f_0 + J, \quad (4.4)$$

де  $P(f_i)$  – середнє значення огинаючої сприйнятливості РПП на фокусній частоті  $f_i$ , дБмВт;  $f_0$  – робоча частота приймача;  $I$  – швидкість зменшення сприйнятливості побічних каналів прийому при збільшенні порядку, – дБ/дек;  $J$  – ослаблення сприйнятливості побічних каналів по відношенню до основного, дБ. Розрахунок коефіцієнтів  $I$  та  $J$  можна провести за допомогою формул:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n P(f_i) \lg(f_i / f_0) - \sum_{i=1}^n P(f_i) \sum_{i=1}^n \lg(f_i / f_0)}{n \sum_{i=1}^n (\lg(f_i / f_0))^2 - \sum_{i=1}^n (\lg(f_i / f_0))}, \quad (4.5)$$

$$J = \frac{\sum_{i=1}^n P(f_i) - I \sum_{i=1}^n \lg(f_i / f_0)}{n} . \quad (4.6)$$

В даних співвідношеннях символ  $i$  означає номер виміру на частоті  $f$ ,  $n$  – загальне число вимірів,  $P(f_0)$  – чутливість на робочій частоті РПП  $f_0$ ,  $P(f_i)$  – чутливість по побічному каналу.

Середнє квадратичне відхилення розрахованого значення сприйнятливості по побічним каналам визначається виразом

$$\sigma(f) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [P(f_i) - P(f_0)]^2} . \quad (4.7)$$

#### Опис лабораторної установки

Схема установки для дослідження сприйнятливості радіоприймача по побічним каналам зображена на рис. 4.3.

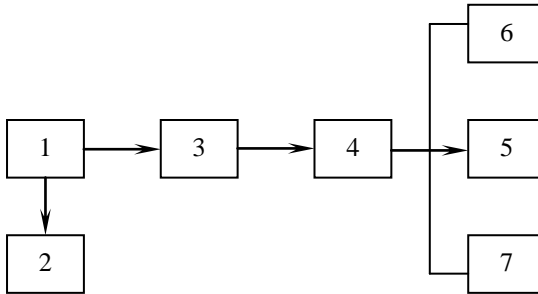


Рис.4.3 Структурная схема установки для дослідження сприйнятливості по побічним каналам прийому

1 – генератор стандартних сигналів; 2 – частотомір; 3 – еквівалент антени; 4 – досліджуємий приймач; 5 – еквівалент навантаження; 6 – осцилограф; 7 – вольтметр.

Генератор Г1 імітує корисний або заважаючі модульовані сигнали. Для визначення частоти сигналу на вході РПП використову-

ється частотомір 2. Вихід радіоприймача підімкнено до телефонів 5, осцілографу 6 та вольтметру 7.

### Підготовка апаратури до роботи

При підготовці апаратури до роботи необхідно:

1. Зібрати схему установки.
2. Ввімкнути джерело живлення для апаратури і перевірити її працездатність.
3. На генераторі Г1 натиснути кнопку “ГВЧ” діапазона частот “70-140 МГц”.
4. На Г1 натиснути кнопку “АМ внутр”, перемикач “М %” встановити в положення “30”.
5. Ручку “Громкость” радіостанції 4 встановити в середнє положення.
6. Перемикачем “N” радіостанції встановити робочі частоти  $f_0$ , що задані викладачем.
7. Підготувати до роботи осцілограф та вольтметр згідно інструкції до експлуатації.

### Порядок виконання роботи

4.5.1. Розрахувати частоти побічних каналів прийому згідно рекомендаціям, що наведені в п. 4.1.2, та занести отримані дані в протокол звіту.

4.5.2. Визначення фокусних частот та рівнів сприйнятливості побічних каналів прийому експериментальним шляхом.

4.5.2.1. Налаштувати генератор на частоту основного каналу прийому  $f_0$ .

4.5.2.2. Ввімкнути модуляцію і встановити вихідний сигнал генератора  $U_{\text{вх. ном.}}$  рівним 6 дБ відносно порогової чутливості.

4.5.2.3. Встановити ручкою “Громкость” таке підсилення сигналу при якому буде забезпечено номінальне значення вихідної напруги  $U_{\text{вих. ном.}} = 26$  дБ відносно порогової чутливості.

4.5.2.4. Зафіксувати за допомогою вольтметра значення  $U_{\text{вих. ном.}}$ .

4.5.2.5. Змінити частоту генератора від  $f = f_0 \pm 20$  кГц до  $f = f_0 \pm 0,1 f_0$ , визначити частоти, на яких з'являються сигнали на виході РПП, та занести їх значення у табл. 4.1

Таблиця 4.1.

Значення частоти $f$ , МГц					
Значення напруги на виході генератора $U_{\text{вх.ном}}$ , мВ					

4.5.2.6. Для визначення рівнів сприйнятливості необхідно на кожній зі знайдених фокусних частот збільшувати вихідну напругу генератора до значення,  $U_{\text{вх.п.к}}$  при якому на виході РПП встановиться номінальне значення  $U_{\text{вх.ном}}$ .

4.5.2.7. Зафіксувати значення  $U_{\text{вх.ном}}$  і відповідне йому значення напруги на виході генератора  $U_{\text{вх.ном}}$ .

4.5.2.8. Розрахувати сприйнятливість по побічним каналам, використовуючи експериментальні дані та співвідношення

$$d = 20 \lg \frac{U_{\text{вх.п.к}}}{U_{\text{вх.ном}}}, \text{ дБ}$$

4.5.2.9. Отримані розрахунки занести в табл. 4.1.

4.5.2.10. Повторити вимірювання для інших частот  $f_0$ , значення яких задається викладачем.

4.5.2.11. За результатами вимірювань  $f_{\text{п.к}}$  і  $U_{\text{вх.п.к}}$  на трьох частотах розрахувати коефіцієнти  $I$ ,  $J$  і  $\sigma$ , та побудувати статистичну модель сприйнятливості РПП по побічним каналам прийому.

Для означених вище розрахунків необхідно використати ПЕОМ. Вхідними даними для програми розрахунків коефіцієнтів та середнього рівня сприйнятливості є:

- кількість частот основних каналів РПП,  $n$ ;
- кількість знайдених побічних каналів,  $N$ ;

– чутливість радіоприймача, мВ;

– сприйнятливості каналів, мВ.

Вихідними даними програми є коефіцієнти  $I$  дБ/дек,  $J$  дБ,  $\sigma$ , дБ та середнє значення сприйнятливості  $P(f_i)$ .

4.5.2.12. За результатами досліджень зробити необхідні висновки.

### Зміст звіту

4.6.1. Мета роботи.

4.6.2. Опис лабораторної установки.

4.6.3. Експериментальні дані.

4.6.4. Дані розрахунків

4.6.5. Модель сприйнятливості побічних каналів РПП.

4.6.6. Порівняльна оцінка результатів експерименту та розрахунків.

4.6.7. Основні висновки.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Якими є причини виникнення побічних каналів прийому в РПП супергетеродинного типу?

2. Яку частоту називають фокусною?

3. В яких каскадах радіоприймача виникають побічні канали прийому?

4. Що таке частотна вибіркковість по побічним каналам?

5. Які існують засоби боротьби з побічними каналами?