

Лабораторна робота 7

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕРМОДУЛЯЦІЇ В РАДІОПРИЙМАЛЬНОМУ ПРИСТРОЇ

Метою роботи є дослідження сприйнятливості радіоприймача до завад, частоти яких f_1 та f_2 знаходяться поза смугою частот основного каналу і створюють інтермодуляційні канали прийому третього та п'ятого порядків.

Стислі теоретичні відомості

Інтермодуляцією в радіоприймачі зветься явище, що виникає на виході нелінійного елементу, коли на його вході є два або більше сигналів, частоти яких не співпадають з частотою настройки основного f_0 та побічних каналів прийому f_{Φ} .

Інтермодуляційна завада може створюватись як в підсилювачі високої частоти (ПВЧ), так і в перетворювачі частоти при будь-якому вигляді заважаючих сигналів незалежно від типу модуляції. Недостатня вибірковість преселектора сприяє тому, що на вхід ПВЧ або першого частотного перетворювача надходять заважаючі сигнали, або їх гармоніки. В результаті взаємодії цих сигналів на нелінійному елементі на виході останнього можуть створюватись комбінаційні складові, а деякі з них можуть потрапити в смугу пропускання основного або побічних каналів. При цьому кількість інтермодуляційних завад та їх рівні залежать від кількості вхідних заважаючих сигналів, характеру нелінійності каскадів, що входять до тракту попередньої вибіркової та підсилення, а також від рівня амплитуд вхідних сигналів. [3,4] Тому інтермодуляційні завади виникають, якщо виконуються такі умови:

$$mf_1 \pm nf_2 \pm \dots \pm kf_w = \left| f_0 \pm \frac{B_{60}}{2} \right|,$$

де $mf_1, n f_2, \dots, k f_w$ – частоти заважаючих сигналів або їх гармоніки;

m, n, k – цілі числа ($\pm 1; \pm 2, \dots$);

B_{60} – полоса пропускання підсилювача проміжної частоти на рівні 60 дБ.

Сума абсолютних значень m і n для двох інтермодуляційних завад визначає порядок інтермодуляційного каналу

$$p = |m| + |n|.$$

При зростанні p рівні інтермодуляційних сигналів зменшуються. Тому при дослідженні ефекта інтермодуляції, як правило, обмежуються розгляданням складових до п'ятого або сьомого порядку ($p \leq 5 \div 7$). Але найбільш загрозливими є завади другого та третього порядку, що розташовані в смузі пропускання або в сусідніх каналах. Для визначення частот другого та третього порядку користуються діаграмою, що побудована у відповідності до нормованого виразу:

$$\left| m \frac{f_1}{f_0} + n \frac{f_2}{f_0} \right| = \left| 1 \pm \frac{B_{60}}{2f_0} \right|,$$

де $f_{п.ч.}$ – проміжна частота радіоприймача;

f_0 – частота настройки радіоприймача;

Δf – значення різниці цих частот, що дорівнює 20 кГц, якщо інше не зазначено в технічних умовах на радіоприймач.

На рис.7.1 представлена діаграма найбільш загрозливих інтермодуляційних завад другого та третього порядку, що створюються двома сигналами на f_1 і f_2 , та попадають в смугу пропускання основного каналу на рівні 60 дБ.

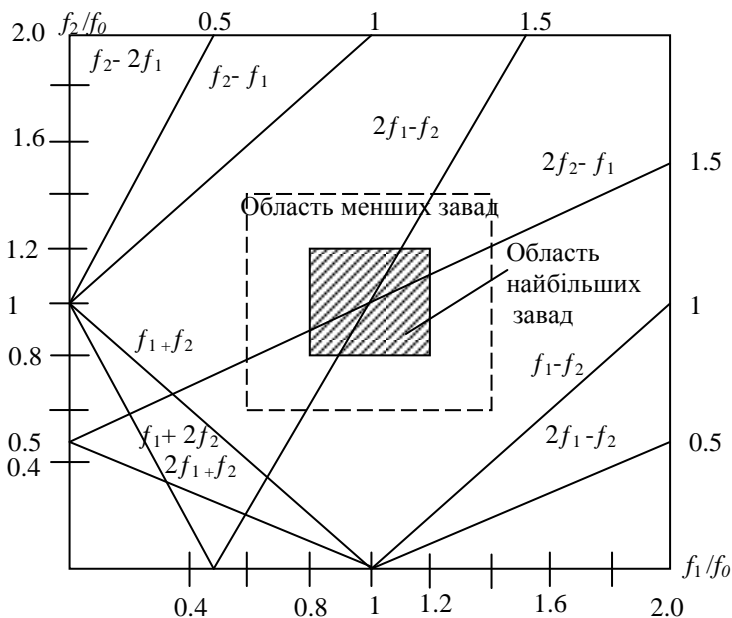


Рис.7.1. Діаграма інтермодуляційних завад другого та третього порядків

Частоти сигналів f_1 та f_2 , що утворюють інтермодуляційну заваду другого та третього порядку, можуть бути визначені також за допомогою даних наведених в табл. 7.1.

Таблиця 7.1.

Комбінація частот	Вимоги вибору частот	Комбінація частот	Вимоги вибору частот
$f_1 + f_2 = f_{п.ч.}$	$f_1 = 0,5 f_{п.ч.} \pm \Delta f$	$2 f_1 - f_2 = f_0$	$f_1 = f_0 + \Delta f$
$f_1 - f_2 = f_{п.ч.}$	$f_2 = f_0 + \Delta f$		$f_2 = f_0 + 2\Delta f$
$f_1 + f_2 = f_0$	$f_1 = 0,5 f_0 \pm \Delta f$	$2 f_2 - f_1 = f_0$	$f_1 = f_0 - \Delta f$ $f_2 = f_0 - 2\Delta f$

Сприйнятливість приймача до інтермодуляції оцінюється коефіцієнтом інтермодуляції, частотно вибірковою характеристикою та динамічним діапазоном по інтермодуляції. Коефіцієнт інтермодуляції є кількісною мірою оцінки інтермодуляції і визначається як відношення рівня, що виникає в результаті інтермодуляції в радіоприймачі, к рівню сигналу, що відповідає чутливості радіоприймача, визначених на виході РПП при $U_c = U_p$:

$$K_{\text{інт}} = \frac{U_{\text{вих}}(U_c + U_{\Sigma 3}) - U_{\text{вих}}(U_c)}{U_{\text{вих}}(U_c)} \quad (7.1)$$

де $U_{\text{вих}}(U_c + U_{\Sigma 3})$ і $U_{\text{вих}}(U_c)$ – вихідні напруги при наявності та відсутності завад;

U_p – вхідна напруга, що відповідає реальній чутливості радіоприймача.

Частотно-вибіркова характеристика по інтермодуляції є залежністю рівня сигналів на вході приймача, що створюють інтермодуляцію, від частоти одного з них при заданому коефіцієнті інтермодуляції.

При дослідженні коефіцієнту інтермодуляції та частотно-вибіркової характеристики на вхід РПУ необхідно подавати сигнали та частотах f_1 та f_2 (див. табл.) рівних амплітуд.

Динамічний діапазон по інтермодуляції визначається відношенням кількісного значення частотно-вибіркової характеристики $U_{\text{г1}}, P_{\text{г1}}$ на частотах виникнення інтермодуляції к чутливості приймача (P_p, U_p). При величині $K_{\text{інт}} = 0,5$ динамічний діапазон становить 50...70 дБ.

$$Д = 20 \lg \frac{U_{\text{г1}}}{U_p}, \text{ дБ} \quad \text{або} \quad Д = 10 \lg \frac{P_{\text{г1}}}{P_p}, \text{ дБ} \quad (7.2)$$

Опис лабораторної установки

Схема установки для дослідження інтермодуляції в радіоприймачі приведена на рис. 7.2.

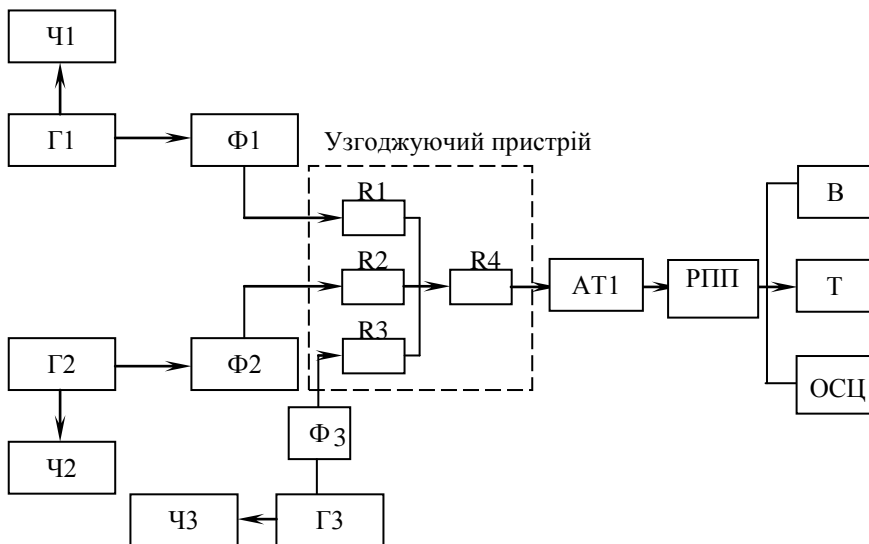


Рис.7.2. Структурна схема установки для вимірювання сприйнятливості РПП до інтермодуляційних завад

До складу лабораторної установки входять:

- генератори стандартних сигналів Г₁, Г₂ і Г₃;
- вимірювачі частоти Ч₁, Ч₂ і Ч₃;
- фільтри Ф₁, Ф₂ і Ф₃;
- узгоджуючий пристрій;
- дискретний аттенюатор АТ₁;
- радіоприймач;
- вольтметр (В);
- еквівалент навантаження – телефони (Т);
- осцилограф (Осц).

Генератори стандартних сигналів Г₁ та Г₂ імітують джерела завад і мають калібровані виходи від -120 до 0 дБм, а також перекривають по частотній декаді з кожного боку від центральної робочої частоти приймача.

Фільтри частот Ф₁, Ф₂, Ф₃ використовуються для усунення гармонік генераторів стандартних сигналів, що можуть викривити результати вимірювань.

Узгоджуючий пристрій виконує роль подільника потужності на 6 дБ та забезпечує розв'язку між Г1, Г2 та Г3 не менш ніж 20 дБ, щоб не було взаємного впливу між генераторами. В кожне плече трійника увімкнено послаблювач на 10 дБ. На виході трійника отримуємо комбінований сигнал, що містить сигнали від генераторів завади Г1 і Г2, а також корисний сигнал з генератора Г3.

Дискретний атенуатор може бути використаний в тому разі, якщо є потреба зменшити рівень комбінованого сигналу на виході трійника.

Вольтметр та осцилограф необхідні для проведення вимірювань параметрів вихідного сигналу РПУ.

Вихідний стан апаратури – усі регулювальні ручки знаходяться у крайньому лівому положенні, а тумблери та кнопки – в положенні “Вимкнено”.

Підготовка апаратури до роботи

При підготовці апаратури до роботи необхідно:

7.4.1. Ознайомитись з інструкцією по експлуатації вимірювальної апаратури.

7.4.2. Зібрати схему згідно рис.7.2.

7.4.3. Ввімкнути джерело живлення апаратури.

7.4.4. Перевірити показники нормальної роботи приладів згідно до інструкцій до експлуатації.

Порядок виконання роботи

7.5.1 Дослідження вибіркості РПП по інтермодуляції

7.5.1.1. Встановити робочу частоту РПП f_0 відповідно до рекомендації викладача.

7.5.1.2. Налаштувати генератор Г1 на частоту f_0 при відсутності напруги на виході генератора Г2 і Г3.

7.5.1.3. Встановити режим АМ модуляції для Г1 рівним 30%, використовуючи режим внутрішньої модуляції (1000 Гц).

7.5.1.4. Збільшити напругу сигналу Г1 відповідно до заданого відношення сигнал/шум $((C+Ш)/Ш = 10 \text{ дБ})$, де $U_c \approx 20 \text{ дБмкВ}$.

7.5.1.5. Зафіксувати значення U_0 і f_0 генератора Г1.

7.5.1.6. Зняти напругу з виходу генератора Г1 і повторити по-спідовно операції з Г2 і Г3 згідно пунктам 7.5.1.2 – 7.5.1.5.

7.5.1.7. Ввімкнути обидва генератори і встановити режим немодульованих коливань для Г2 (без модуляції), для Г1 – режим модуляції з коефіцієнтом модуляції $m = 30\%$.

7.5.1.8. Зменшити рівень сигналу Г2 до (120 дБ) та збільшити сигнал на виході Г1 на 66 дБ ($U_1 = U_{10} + 66\text{дБ}$) відповідно реальної чутливості РПП.

7.5.1.9. Збільшити частоту генератора Г1 на величину $\Delta f \approx 20$ кГц, при якій на осцилографі зникне зображення сигналу.

7.5.1.10. Виміряти частоту $f_1 = f_0 + \Delta f$ та записати її значення в протокол.

7.5.1.11. Встановити немодульований сигнал Г2 на частоту $f_2 = f_0 + 2\Delta f$, що відповідає приблизно третьому порядку інтермодуляційної складової (рис. 7.3).

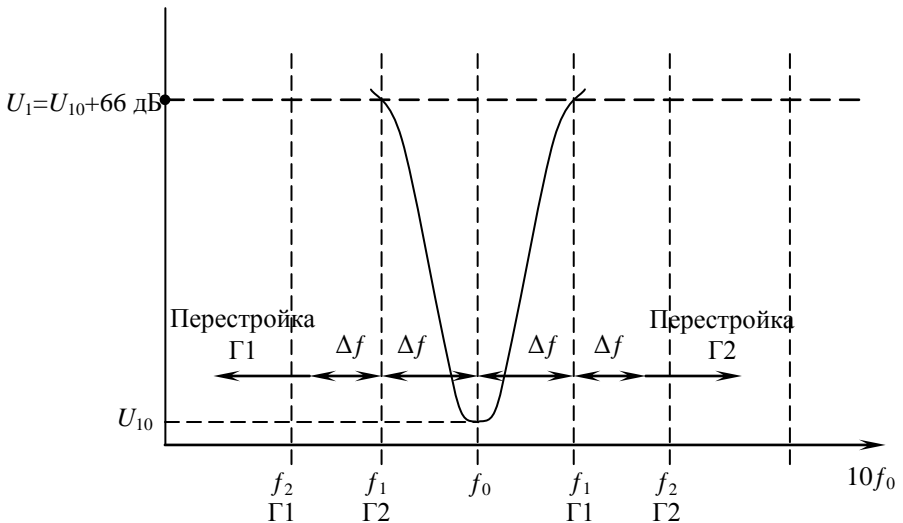


Рис.7.3. Частоти настройки генераторів для дослідження вибіркості РПП по інтермодуляції

7.5.1.12. Значення f_2 занести в протокол.

7.5.1.13. Збільшити рівень виходу Г2 на $(66 + ((C+Ш)/Ш))$ дБ.

7.5.1.14. Перевірити наявність відгуку сигналу за допомогою осцилографа або вольтметра. Якщо відгук відсутній, необхідно підтримуючи постійним рівень вихідного сигналу Г2, повільно збільшувати частоту f_2 (Г2) до 500 МГц.

7.5.1.15. При наявності відгуків зафіксувати рівень вихідного сигналу та його частоту.

7.5.1.16. На визначених частотах інтермодуляційних каналів зменшувати однаково рівні сигналів обох генераторів (Г1 і Г2) до тих пір, поки на виході РПП не буде забезпечено номінальний рівень сигналу.

7.5.1.17. Зафіксувати в протоколі нові значення рівнів вхідних сигналів Г1 і Г2.

7.5.1.18. Визначити степе́нь зменшення інтермодуляції, як різницю між новими значеннями рівнів сигналів Г1 і Г2 і рівнем $(66 + (C+Ш)/Ш)$ дБ.

7.5.1.19. Провести оцінку рівня отриманих інтермодуляційних завад з нормативною вибірковістю для радіоприймачів данного типу. Так, рівень інтермодуляційних завад 3-го порядку повинен бути меншим ніж 60 дБмкВ для РПП третього класу.

7.5.1.20. Зробити висновки по виконаній роботі.

Зміст звіту

1. Назва роботи.
2. Мета дослідження.
3. Опис лабораторної установки.
4. Схеми вимірювань.
5. Експериментальні данні.
6. Основні висновки.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1 Дати визначення інтермодуляційним каналам прийому.
- 2 До яких наслідків можуть привести інтермодуляційні завади, що створюються в РПП?
- 3 В яких каскадах РПП створюються інтермодуляційні завади?
- 4 Яким чином оцінюється завадостійкість РПП до інтермодуляційних завад?
- 5 Яким способом вимірюється сприйнятливість РПП по інтермодуляційним каналам прийому?
6. Дати визначення частотно-вибіркової характеристики по інтермодуляції.
7. Як визначити динамічний діапазон по інтермодуляції?