

Лабораторна робота 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЗАСМУГОВИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ РАДІОПЕРЕДАВАЧА АМ-СИГНАЛІВ

Метою роботи є дослідження відносних рівнів позасмугових випромінювань в смузі частот на рівні X , дБ на прикладі сигналів класу АЗЕ при модуляції гармонічним сигналом, що відноситься до двосмугового звукового радіомовлення, а також залежності займаємої полоси B_3 від частоти модулюючого сигналу F_m , коефіцієнта глибини модуляції і рівня загальної потужності випромінювання $P(f_0)$.

Стислі теоретичні відомості

До позасмугових випромінювань відносять небажані радіовипромінювання, що примикають до необхідної смуги радіочастот B_n і є результатом модуляції несучої корисним низькочастотним сигналом, а також внутрішніми шумами радіопередавача. [1,2]

Причини виникнення позасмугових випромінювань:

- використання для передачі інформації сигналів з більшою шириною спектру, ніж це потрібно для нормальної роботи;
- наявність нелінійності амплітудних та фазових характеристик передавача (модулятор, підсилювач, елементи фідера), що приводять до появи в спектрі вихідного сигналу додаткових частотних складових як в межах необхідної полоси B_n , так і за її межами. (позасмугове випромінювання);
- наявність нелінійних процесів в трактах формування модулюючих сигналів, що приводить до розширення смуги спектру вихідного сигналу за рахунок утворення додаткових спектральних складових модулюючого сигналу;
- використання режиму перемодуляції, що приводить до розширення спектру радіосигналу;
- використання квантування сигналів та ін.

Позасмугове випромінювання характеризуються займаємою шириною смуги частот B_3 і відносним рівнем $X = -60$ дБ.

Смуга частот B_3 – це така смуга, за межами якої випромінюється не більше, ніж задана (β) частка середньої потужності загального випромінювання. Зазвичай, приймають $\beta=1\%$. Відносним рівнем X , дБ є відношення спектральної густини потужності позасмугового випромінювання до максимального значення спектральної густини основного радіовипромінювання. Ця величина вимірюється в децибелах. [5]

Для оцінки зменшення позасмугових складових вводиться поняття смуги частот на рівні X , дБ (B_x). Нижчим рівнем вимірюваної потужності випромінювання часто приймають $X = -60$ дБ, відносно максимального значення, прийнятого за 0дБ. Значення B_n , B_3 , B_x та відповідні їм рівні X , дБ використовуються при аналізі ЕМС, а також при проведенні радіоконтролю та нормуванні рівнів позасмугових випромінювань. Для контролю смуги частот основного випромінювання (B_n) в практиці радіоконтролю використовується поняття контрольної смуги частот B_k , що відлічується на рівні X_k , дБ. Величина X_k , дБ, для кожного класу випромінювань встановлюється відповідно рекомендаціям Регламенту радіозв'язку. Для класу АЗЕ B_k вимірюється на рівні $X_k = -30$ дБ. [5]

В практиці аналізу різних класів випромінювань використовують поняття – обмежувальна лінія спектру. Вона встановлюється для кожного виду радіовипромінювань, як верхня межа максимально припустимих значень відносно рівнів позасмугових радіовипромінювань.

Знаючи B_n , B_k , B_x і відповідні значення рівнів X , дБ, можемо побудувати обмежувальну лінію та відносно неї оцінити реальну спектральну характеристику сигналу (огинаюча лінія спектру). При цьому можливі три випадки (рис.2.1.):

- 1 – досконале випромінювання ($B_3 = B_n$);
- 2 – менш ніж досконале випромінювання ($B_3 < B_n$);
- 3 – більш ніж досконале випромінювання ($B_3 > B_n$).

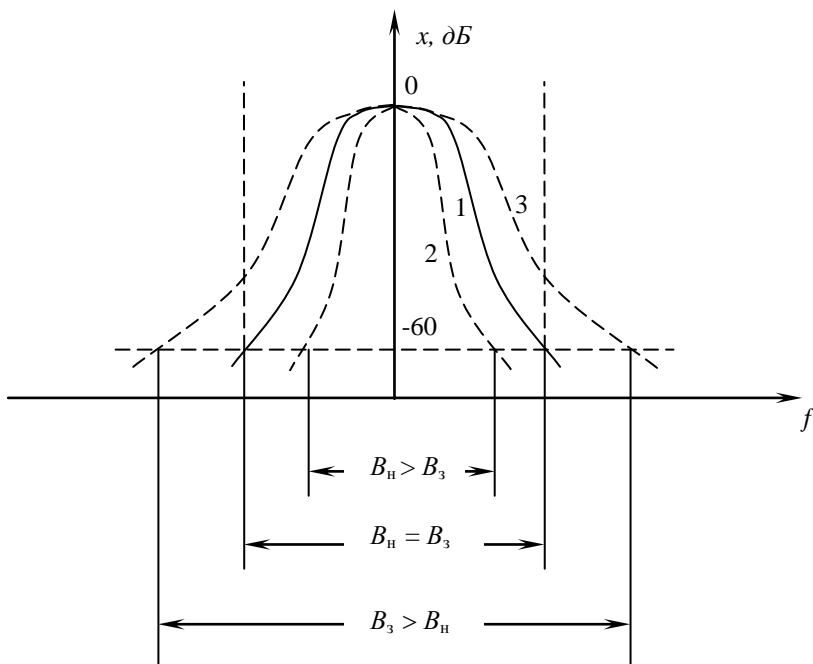


Рис. 2.1. Співвідношення між необхідною $B_{н}$, і займаємою $B_{з}$ полосами частот випромінювання радіопередавача .

Більш ніж досконале випромінювання створює завади сусіднім радіоканалам, а випромінювання менш ніж досконале погіршує частотні характеристики передавального сигналу і обмежує швидкість його передавання. Тому на практиці прагнуть отримати досконале випромінювання ($B_{з} = B_{н}$).

Для побудови обмежувальної лінії спектру випромінювання класу АЗЕ необхідно скористатися нормами на обмежувальну лінію для класу АЗЕ (табл.2.1).

Таблиця 2.1.

Відносний рівень X , дБ	0	-10	-20	-30	-40	-45	-50	-60
Точка ОЛ	B_n	$1.05B_n$	$1.1B_n$	$1.2B_n$	$1.35B_n$	$1.4B_n$	$1.9B_n$	$3.3B_n$

Як видно із табл.2.1, початкові точки ОЛ завжди співпадають з крайніми точками необхідної полоси частот (B_n).

За вихідний приймається верхній рівень потужності $X = 0$ дБ, що відповідає максимальному рівню спектральних складових. Контрольна полоса відліковується на рівні $X_k = -30$ дБ. Нижчий рівень випромінювальної потужності відповідає $X = -60$ дБ.

Ширина смуги частот на рівні X , дБ для кожного класу випромінювань регламентується нормативною документацією.

Реальне випромінювання, як правило, є більш ніж досконале, але при цьому B_3 не повинна перевищувати допустиме значення $B_{3, доп}$, що є також нормованою величиною.

У відповідності з даними табл.2.1 будується обмежувальна лінія сигналу класу АЗЕ (рис.2.2.). Потім проводять вимірювання ширини контрольної смуги частот B_k досліджуемого передавача та ширину смуги частот на інших рівнях. Отриманні дані наносяться на графік зображення обмежувальної лінії. По взаємному розміщенню отриманих точок, розташованих на одному рівні з відповідними точками ОЛ, визначають ширину смуги частот на рівні X , дБ. Отриманні значення ширини смуги частот зрівнюють з встановленими нормами (див.табл.2.1).

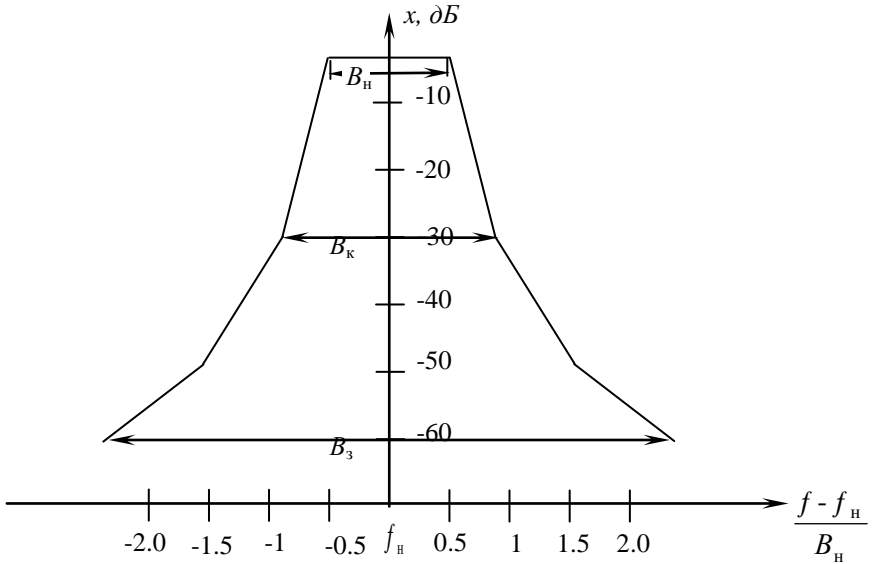


Рис. 2.2. Взаємне розташування необхідної полоси B_H і контрольної полоси B_K і полос на рівні X дБ, несучої f_H .

Опис лабораторної установки

В процесі виконання лабораторної роботи використовується установка, структурна схема якої показано на рис.2.3.

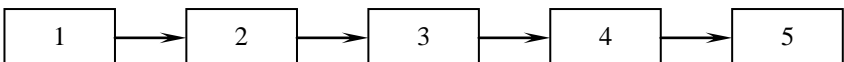


Рис.2.3. Структурна схема лабораторної установки.

До складу установки входять:

- 1 – генератор модулюючих сигналів;
- 2 – радіостанція типу Р-809;
- 3 – фільтр;
- 4 – ослаблювач сигналу;
- 5 – аналізатор спектру типу С-4-27 чи С4-60.

Лабораторна установка може бути доповнена частотвимірювачем та іншою контрольно-вимірювальною апаратурою.

Підготовка апаратури до роботи

Підготовка апаратури до роботи здійснюється згідно рекомендаціям інструкцій по експлуатації радіостанції та контрольно-вимірювальної апаратури.

При виконанні роботи необхідно вимірювати амплітуду, частоту, смугу частот, коефіцієнт модуляції за допомогою аналізатора спектру. Тому при проведенні цих вимірювань необхідно мати на увазі, що прилад забезпечує наступні режими роботи:

- режим аналізатора спектру (“обзор на деление”);
- режим приймача (обзор “0”).

В режимі аналізатора вимірюються відносні амплітуди спектральних складових, а також частоти та смуги частот між окремими складовими сигналу, що аналізується.

В режимі приймача вимірюється частота модулюючого сигналу та коефіцієнт глибини модуляції m .

Проводити вимірювання амплітуд відносно максимальної складової спектру при виконанні роботи необхідно в логарифмічному режимі.

Для вимірювання складової спектру відносно максимального сигналу необхідно встановити необхідний відгук рівний 8 поділкам екрану за допомогою ручок плавного та ступінчастого атенуаторів „Номінальний рівень”.(рис.2.4)

Відрахувати по масштабній сітці індикатора на скільки поділок вимірювальний відгук менший за максимальний і визначити його відносний рівень як мінус $n \times 10$ дБ (необхідно дотримуватись правої шкали масштабної сітки індикатора) (рис.2.5)

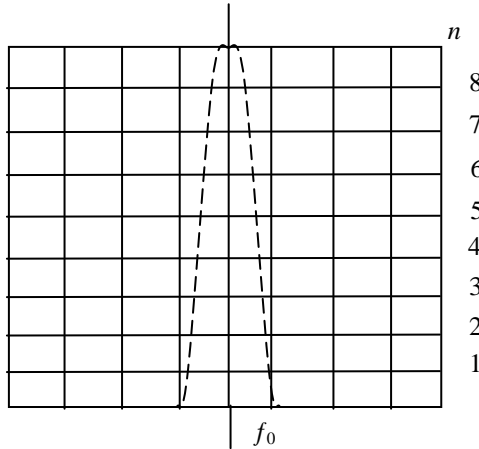


Рис. 2.4. Установка нульового рівня максимального відгуку

При аналізі складного сигналу вимірювання частотних інтервалів між окремими спектральними складовими, при визначенні смуги частот, що займає сигнал чи його складові, необхідно використовувати масштабну сітку індикатора. Ціна однієї поділки позначена на перемикачі „Обзор на дел.”. Тоді для встановлення значення ширини смуги частот необхідно величину інтервалу l між складовими помножити на ціну однієї поділки.

Вимірювання абсолютного значення частоти виконуються за допомогою цифрового індикатора частоти. Для цього необхідно встановити відгук сигналу в центрі екрану і по індикатору „Частота МГц” відрахувати значення частоти вхідного сигналу.

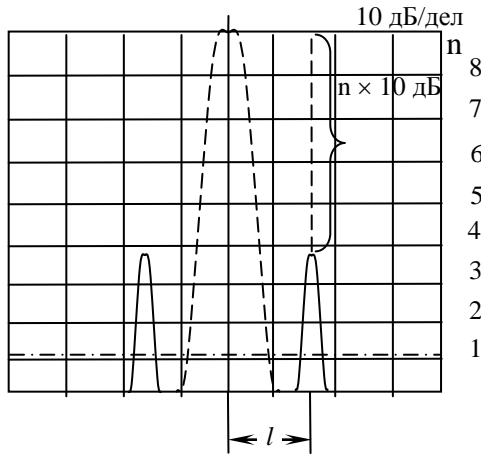


Рис. 2.5. Відлік ширини смуги частот ($l \times$ ціна поділки) та відносного рівня складових спектру ($n \times 10$ дБ)

При визначенні частоти модулюючого сигналу F_m та коефіцієнту глибини модуляції m необхідно на АС встановити режим „Обзор 0”. Налаштування аналізатора на частоту сигналу виконується по максимальному підйому лінії розгортання індикатору ручками “Частота ГГц ГРУБО и ПЛАВНО” при вимкненої системи ФАП.

При цьому на цифровому індикаторі “ЧАСТОТА МГц” буде вказане значення несучої частоти.

Глибина модуляції m визначається по масштабній сітці при лінійному масштабі осцилографічним методом.

Період модулюючого коливання вимірюється також за допомогою масштабної сітки методом аналогічним для осцилографа з урахуванням того, що ціна поділки вказана на перемикачі „РАЗВЕРТКА СКОРОСТЬ”.

На рис.2.6. показані зображення спектрів амплітудно-модульованих сигналів на екрані АС, при різних рівнях модуляції в режимі “Обзор на дел”.

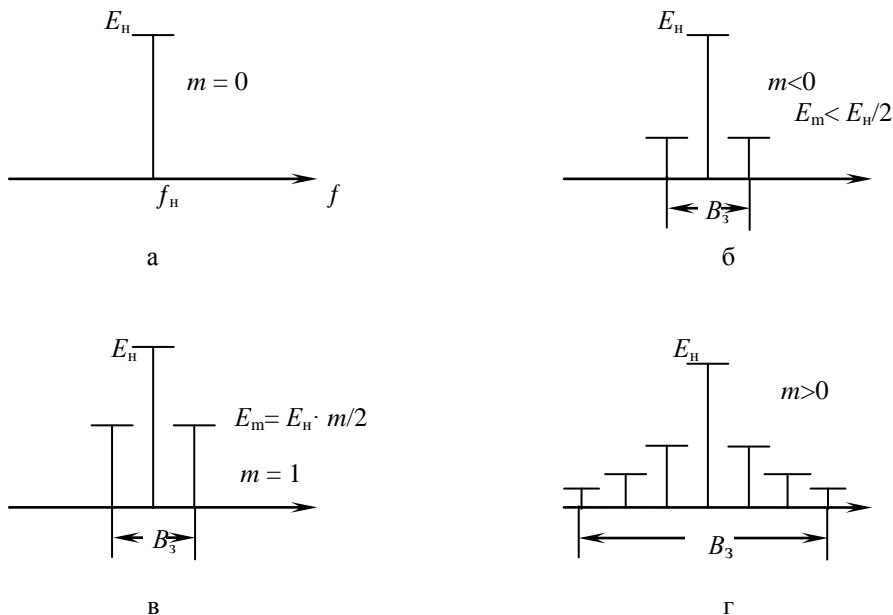


Рис.2.6. Спектри АМ-сигналів при різних значеннях коефіцієнта модуляції в режимі “Обзор” аналізатора спектру

Як видно з рис. 2.6, несуча, модульована одним синусоїдальним сигналом, супроводжується двома боковими смугами й частотами $f_c + F_m$ та $f_c - F_m$. Кожна з бокових має амплітуду:

$$E_m = m/2 \times E_n$$

Тоді ширина B_n буде дорівнювати подвійній частоті модулюючого сигналу:

$$B_n = (f_c + F_m) - (f_c - F_m) = 2F_m \quad (2.1)$$

Перемодуляція сигналу (Рис. 2.6.4) призводить до розширення B_3 , що супроводжується появою завад в сусідніх каналах, а також зменшенням рівня U_n .

Загальна потужність для випадків (рис.2.6а, 2.6б, 2.6в, 2.6г) дорівнює сумі потужностей несучої та потужностей побічних частот, тому вона визначається як:

$$P_m = P_n(1+m^2/2) \quad (2.2)$$

Визначаючи коефіцієнт глибини модуляції, необхідно користуватися такими виразами:

$$m = U_{\max} - U_{\min} / U_{\max} + U_{\min},$$

або

$$m(\%) = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}} \times 100\%, \quad (2.3)$$

або для випадку, коли $m \leq 1$

$$m(\%) = \frac{U_{\max} - U_n}{U_n} \times 100\%. \quad (2.4)$$

Вираз (2.4) необхідно використовувати тільки у випадку симетричної перемодуляції синусоїдальним сигналом (рис.2.7)

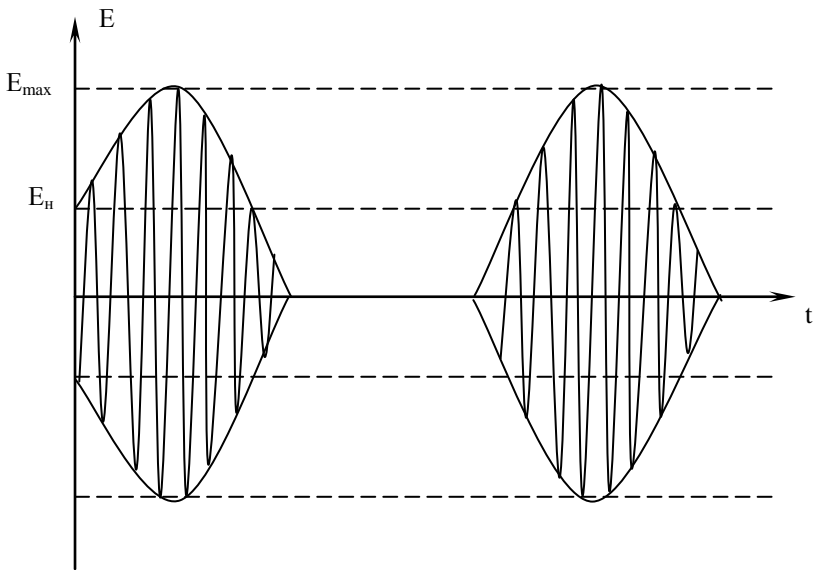


Рис.2.7. Представлення перемодуляції АМ-сигналу в часовій області

Порядок виконання роботи

В процесі проведення роботи необхідно виконати наступні дії:

2.1. Відповідно до інструкції по експлуатації ввімкнути аналізатор спектру, радіостанцію та генератор для прогріву.

2.2. Відкалібрувати аналізатор спектру.

2.3. Для заданих викладачем значень несучої частоти f_n , частоти модуляції F_{M1} , F_{M2} та заданих рівнів модулюючих сигналів розрахувати по формулі (2.1) значення необхідної смуги частот B_n для класу сигналу АЗЕ та побудувати обмежувальні лінії, використовуючи дані табл. 2.1.

2.4. Встановити режим амплітудної модуляції, і провести необхідні вимірювання, для чого:

2.1. Встановити задану частоту модуляції F_{M1} при мінімальному рівні вихідного сигналу генератора;

2.2. Вибрати режим роботи АС “Обзор на дел”;

2.3. Рівень сигналу на виході генератора встановити відповідно завданню;

2.4. Перемикач “ПЕРЕДАЧА” радіостанції встановити в положення “Вкл”;

2.5. Розмістити несучу спектру АМ-сигналу в середині індикатора;

2.6. Провести вимірювання зайнятої смуги частот B_3 на рівні -60 дБ, рівня несучої та побічних складових сигналу;

2.7. Занести в масштабі зображення спектру в протокол, а данні $f_n, F_{m1}, U_{вих\ г}, U_n, B_3\ розр, B_3\ экс$ - в табл.2.2.

Таблиця 2.2.

i	f_n , МГц	U_n	F_m , кГц	$U_{вих. г}$	U_{max}	U_{min}	$m\%$, в реж. “0”	B_3 , розр.	B_3 , екс
1	$f_n =$	$U_n =$	$F_{m1} =$						
2			$F_{m2} =$						

2.8. Ввімкнути режим “0” аналізатора спектру (С4-60);

2.9. Спостерігаючи на індикаторі АС зображення амплітудно-модульованого сигналу, провести вимірювання максимального (U_{max}) та мінімального (U_{min}) значення амплітуди модульованого сигналу;

2.10. Розрахувати коефіцієнт модуляції m згідно формул (2.3) або (2.4);

2.11. Отримані дані U_{max}, U_{min}, m занести в табл. 2.2;

2.12. Повторити дії, що означені в п.п. 4–11 для іншого рівня $U_{вих\ г}$, згідно рекомендації викладача;

2.13. Нанести на зображення обмежувальних ліній (п.2.5.3) зображення огинаючих спектру, що отримані при виконанні п.2.5.4.7;

2.14. Перелагодити генератор модулюючих сигналів на частоту F_{m2} , і повторити дії п.п. 2.5.4.4–2.5.4.13 відповідно до нових значень частоти модуляції, коефіцієнтів модуляції та зображення обмежувальної лінії.

2.15. Отримані експериментальні значення $B_{x \text{ екс}}$ на рівнях X , дБ занести в таблицю 2.3.

2.16. Провести оцінку смуг частот B_x на рівнях X , дБ при F_{m1} і F_{m2} , порівнюючи їх з розрахунковими, що наведені в табл.2.1.

Таблиця 2.3.

X , дБ		$F_m = F_{m1}$						$F_m = F_{m1}$							
		0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	0	10	20	30	40	50	60
$B_{x \text{ екс}}$, кГц	$m_1 =$														
$B_{x \text{ екс}}$, кГц	$m_2 =$														
$B_{x \text{ екс}}$, кГц	$m_3 =$														
$B_{x \text{ екс}}$, кГц	$m_4 =$														

2.17. Зробити необхідні висновки;

2.18. Оформити протокол досліджень.

Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Опис лабораторної роботи.
3. Експериментальні дані.
4. Розрахунки B_x , m_1 , m_2 , m_3 , m_4 .
5. Висновки.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які випромінювання відносяться до позасмугових?
2. Які причини та наслідки появи позасмугових випромінювань?
3. Від чого залежить ширина займаємої смуги частот?
4. Що характеризує контрольна смуга частот B_k і на якому рівні вона вимірюється?
5. Для чого необхідно знати смуги частот на рівні X дб?
6. Що таке обмежувальна та огинаюча лінії?