

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Сигнали. Дослідження амплітудної модуляції.

Мета роботи - набути знань та розуміння різних типів сигналу, будови та роботи амплітудного модулятора у різних режимах його роботи. Дослідити фізичні процеси при амплітудній модуляції. Демонстрація різних характеристик амплітудної модуляції та способів її вимірювання.

Теоретичні відомості

Сигнал - фізичний процес, що поширюється у просторі та часі, параметри якого здатні відображати повідомлення. Теорія сигналів та передачі інформації вивчає процеси формування, накоплення, збирання, вимірювання, перетворення, зберігання, передавання та приймання інформації, тобто усі процеси, які мають місце при передаванні інформації на відстань по певним фізичним середовищам (лініям зв'язку) за допомогою електричних сигналів.

Схема класифікації сигналів представлена на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 - Схема класифікації сигналів

Через значні затухання сигналу у каналах передачі на відстані необхідно використовувати досить потужні спеціальні сигнали («переносники»). Для ефективної передачі сигналів за допомогою радіохвиль необхідно перенести спектр цих сигналів з низькочастотної області в діапазон високих частот. Перед тим як передати сигнал його необхідно у достатній мірі підсилити, провести деякі перетворення, щоб отримувач зміг виділити корисний сигнал з загального фону електромагнітних коливань. Дана процедура в

радіоелектроніці називається модуляцією.

Основними сигналами переносниками є гармонійні сигнали, які представляють у загальному вигляді

$$U(t) = U_0 \cdot \sin(\omega_0 t + \theta_0)$$

де U_0 – амплітуда, θ_0 – фаза, ω_0 – частота.

Змінюючи певним чином вказані параметри сигналу можна отримати різні типи модуляції. Розрізняють наступні види модуляції: амплітудна, частотна, фазова, фазорізницева, кодоімпульсна. Механізм модуляції сигналів представлений на рис. 1.2.

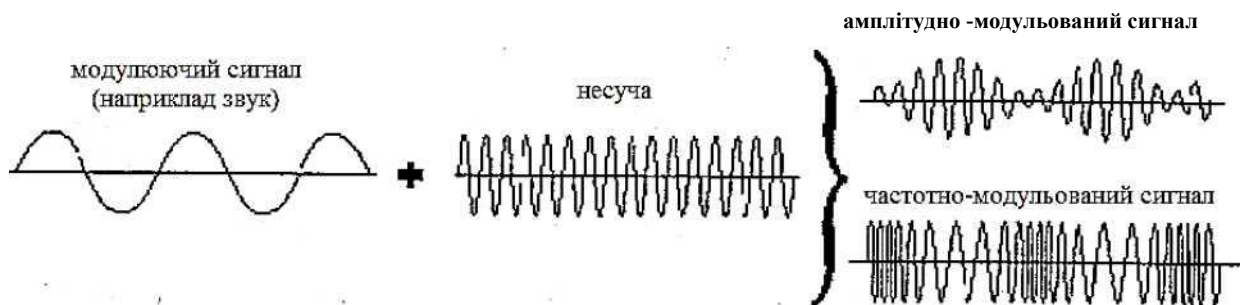


Рисунок 1.2 - схема механізму модуляції сигналів (амплітудної та

частотної)

Несуча - гармонійний сигнал певної частоти з низьким коефіцієнтом загасання для даного середовища передачі, що модулюється корисним сигналом. При *амплітудній модуляції* (АМ) обвідна амплітуди носійного коливання змінюється за законом зміни повідомлення, яке передається. Частота і початкова фаза коливання у цьому випадку - постійні величини.

Коли модулююча функція є гармонічним коливанням, миттєве значення модульованого коливання можна записати у вигляді:

$$U(t) = U_0 \cdot (1 + M \cdot \cos(\Omega t + \gamma)) \cdot \cos(\omega t + \theta_0), \quad (1.1)$$

де ω – несуче коливання. Обвідна (огибающая) модульованого коливання при цьому може бути представлена у вигляді:

$$U_{oz}(t) = U_0 + \Delta U_m \cdot \cos(\Omega t + \gamma), \quad (1.1)$$

де Ω – частота модулюючої функції; γ – початкова фаза огибаючої; ΔU_m – амплітуда зміни огибаючої (рис. 1.1).

Графік модульованого коливання наведено на рис. 1.2.

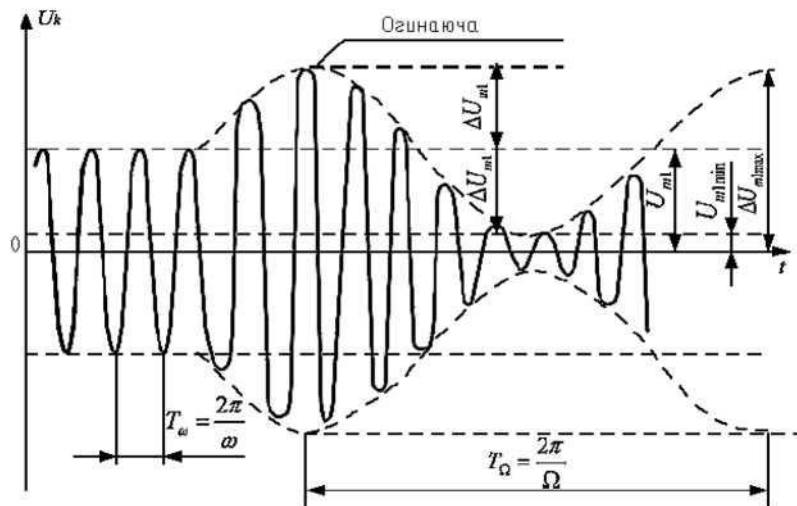


Рисунок 1.3 - Графік модульованого коливання

Важливою частиною процесу модуляції є його *показник модуляції* або процентне співвідношення модуляції. Відношення

$$M = \frac{\Delta U_m}{U_0}, \quad (1.3)$$

називається коефіцієнтом (або глибиною) модуляції. Якщо $M \leq 1$, то амплітуда коливання змінюється в межах від мінімальної

$$U_{\min} = U_0(1 - M), \quad (1.4)$$

до максимальної

$$U_{\max} = U_0(1 + M), \quad (1.5)$$

Звідси випливає:

$$M = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}, \quad (1.6)$$

АМ сигнал не є ефективним способом передачі інформації, внаслідок, втрати потужності. При показнику модуляції, що дорівнює одиниці, верхня і нижня бічні смуги мають амплітуди рівні половині несучої амплітуди, при цьому АМ - модулятори дають тільки 33% ефективності. Це пов'язано з тим, що бічні смуги містять тільки 1/3 загальної потужності. Решта 2/3 використовуються несучою, що не несе корисної інформації. Іноді використовують інший, більш ефективний метод, такий як використання двох бічних смуг, що пригнічують несучу, а також може використовуватися метод однієї бокової смуги, яка пригнічує несучу і одну бічну смугу. Невід'ємною проблемою цих двох методів є складність приймачів, необхідних для демодуляції сигналів.

При перемодуляції коефіцієнт модуляції стає більше 1 ($M \geq 1$) і огинаюча сильно спотворюється відносно модулюючої функції. Причинами перемодуляції є перешкоди, що виникають на приймачі, внаслідок, втручання небажаних частот бічних смуг інших станцій. В ідеалі бажаний показник модуляції - 1. На практиці огинаюча повинна модулюватися незначно, щоб можна було знехтувати втратами при падінні напруги на діоді в процесі демодуляції. Показник модуляції може бути визначений своєї обвідною, яка буде відображена на дисплеї осцилографа. У міру збільшення амплітуди сигналу, що передається, на обвідній з'являться додаткові напівхвилі. Ці напівхвилі вказують на перемодуляцію.

Амплітудна модуляція залишається популярним методом модуляції, через простоту приймачів, їх дешевизну і маленькими розмірами.

Завдання та послідовність виконання роботи

Частина 1

1. У програмному середовищі Multisim зібрати схему амплітудного модулятора на основі біполярного транзистору, включеного за схемою з

спільним емітером. Схема представлена на рис. 1.4.

Призначення елементів схеми:

Q1 - транзистор, служить у якості нелінійного елемента, з його допомогою відбувається складання коливань від двох генераторів змінної напруги;

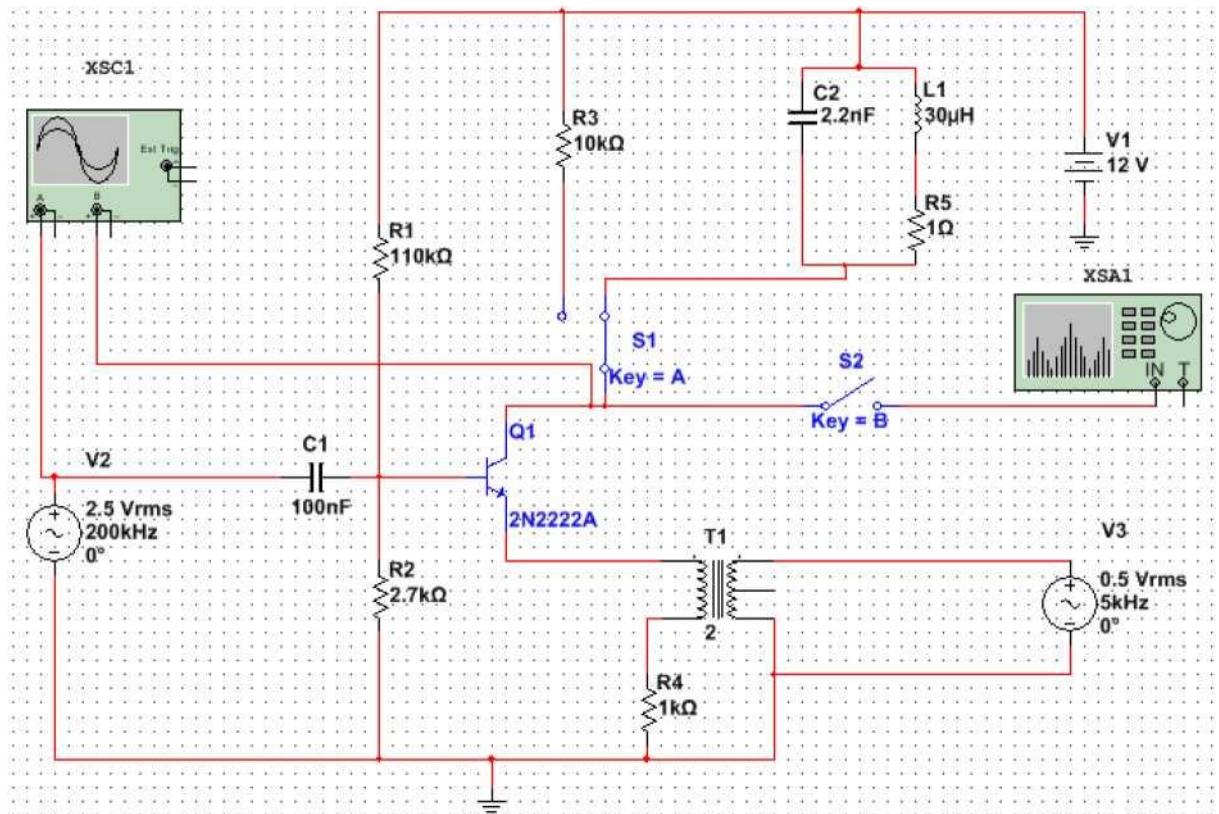


Рисунок 1.4 - Схема експерименту для дослідження амплітудного модулятора на біполярному транзисторі

C1 - розділовий конденсатор, розв'язує по постійному струму вхід каскаду і вихід джерела сигналу (вихід попереднього каскаду) і пов'язує їх по змінному току; викликає завал амлітудно-частотної характеристики (АЧХ) в області нижніх частот;

C2 - конденсатор, що входить до складу коливального контуру L1C2 в колі колектора;

R1, R2 - резистивний дільник постійної напруги від джерела V1; задає постійну напругу на базу транзистора, забезпечуючи заданий робочою точкою струм колектора I; від величини опорів R1 і R2 залежить вхідний опір каскаду, низькочастотна постійна часу вхідного кола, а також стабільність робочої

точки (режиму по постійному струму) каскаду на біполярному транзисторі;
R3 - резистор в колі колектора транзистора; перетворює змінний струм колектора, викликаний дією вхідного сигналу, в вихідну напругу сигналу; є навантаженням каскаду, від величини опору якої залежить коефіцієнт посилення каскаду; визначає (при заданому струмі I) постійну напругу між колектором і емітером;

R4 - резистор в колі емітера; служить для стабілізації робочої точки (режиму по постійному струму), багато в чому визначаючи її положення на сімействі вихідних (стокових) вольт-амперних характеристик транзистора.

V1 - джерело постійної напруги для живлення транзистора;

V2 - джерело змінного високочастотної напруги, що використовується в якості модульованого коливання;

V3 - джерело змінної низькочастотної напруги, яка використовується в якості модулюючого коливання.

XSC1 - осцилограф; використовується для контролю форми вхідного і вихідного сигналів;

XSA1 - аналізатор спектру; використовується для визначення спектра вихідного сигналу.

2. Встановити параметри джерел сигналів V2, V3 і значення елементів L1, C2, R5 відповідно до варіанта завдання і табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - варіанти завдань

№ варіанту	Амплітуда джерела сигналу V2, В	Частота джерела сигналу V2, кГц	Амплітуда джерела сигналу V3, В	Частота джерела сигналу V3, кГц	L1, мкГн	C2, нФ	R5, Ом
1	0,5	155	0,1	3	300	3,6	12
2	0,5	200	0,1	5	620	1,0	51
3	0,5	450	0,1	7	62	2,0	3
4	0,5	610	0,1	3	30	2,2	1
5	0,5	260	0,1	7	300	1,3	27
6	0,5	160	0,1	3	300	3,6	12
7	0,5	205	0,1	5	620	1,0	51

8	0,5	455	0,1	7	62	2,0	3
9	0,5	615	0,1	3	30	2,2	1
10	0,5	255	0,1	7	300	1,3	27
11	0,5	165	0,1	3	300	3,6	12
12	0,5	210	0,1	5	620	1,0	51
13	0,5	460	0,1	7	62	2,0	3
14	0,5	620	0,1	3	30	2,2	1
15	0,5	265	0,1	7	300	1,3	27

Ввімкніть моделювання та спостерігайте АМ-сигнал на вході В осцилографа (в режимі АС), встановивши необхідні значення тривалості розгортки (Timebase) і подільників напруги (Scale).

3. Вимкнути модель незадовго до моменту повного ходу променю осцилографа. Включити відображення осцилограми на плотері (View-Grapher) та скопіювати отриманий графік у відповідний розділ звіту.

4. Повторити вимірювання за пп. 1-4, збільшуючи амплітуду джерела V3. Вимірювання виконати для наступних значень: V3 = 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 і 5 В.

5. Провести розрахунок коефіцієнтів модуляції за отриманими даними (див. формулу 1.6). Результати занести в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - дані експерименту

V3, В								
U_{max}								
U_{min}								
M								

6. Побудувати графік залежності коефіцієнта модуляції від амплітуди модулюючої напруги $M = f(V3)$ (графік занести у звіт).

7. Визначити спектральний склад вихідного сигналу при нелінійному режимі роботи підсилювача, для цього:

7.1 Встановити амплітуду джерела гармонійного сигналу $V2 = 0,5$ В.

7.2 Підключити резистор R3 в колекторний ланцюг транзистора за допомогою

ключа В.

7.3 Включити модель і спостерігати АМ-сигнал на вході В осцилографа (в режимі АС), встановивши необхідні значення тривалості розгортки (Timebase) і подільників напруги (Scale).

7.4 Вимкнути модель незадовго до моменту повного ходу променя осцилографа.

7.5 Включити відображення осцилограми на плотері (View-Grapher).
Копіювати графік у відповідний розділ звіту.

7.6 Підключити до колектора транзистора аналізатор спектру за допомогою ключа А.

7.7 Включити модель і визначити спектр вихідного сигналу (за допомогою спектроаналізатору XSA1).

7.8 Виключити модель.

7.9 Включити відображення осцилограми на плотері (View-Grapher).
Скопіювати графік у звіт.

8. Визначити спектральний склад вихідного сигналу модулятора, для цього:

8.1 Підключити контур L1C2 у колекторний ланцюг транзистора за допомогою ключа А.

8.2 Включити моделювання і визначити спектр вихідного сигналу.

8.3 Вимкнути модель.

8.4 Включити відображення осцилограми на плотері (View-Grapher).
Скопіювати графік відповідний розділ звіту.

Частина 2

1. У програмному середовищі Multisim зібрати схему за рис. 1.5.

Використовувані прилади у схемі на рис. 1.5:

V4 - амплітудний модулятор;

XSC1 - осцилограф;

XSA1 - аналізатор спектра.

2. Виконати налаштування амплітудного модулятора. Встановіть

значення несучої амплітуди (Carrier Amplitude) 10 В, значення несучої частоти (Carrier Frequency) 100 кГц, частоту модуляції (Modulating Frequency) 800 Гц і коефіцієнт модуляції (Modulation Index) 0.6.

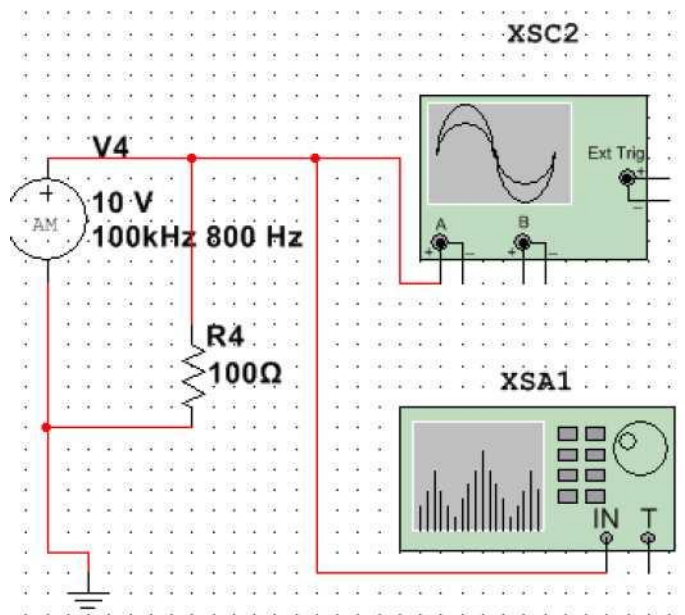


Рисунок 1.5 - Схема оцінювання показника модуляції

3. Виконати налаштування осцилографу: масштаб по осі часу 1 мс/ діл, а каналу А (Channel A) - 10 В/діл. Вибрати автоматичний пуск і зв'язок по постійному струму.

4. Виконати налаштування спектрального аналізатора. Встановить параметри масштабу: діапазон частот (Span) 10 кГц, центральна частота 100 кГц і амплітуду (Amplitude) = LIN.

5. Запустити процес моделювання.

6. Натисніть на піктограмі осцилографа. Увімкнути відображення осцилограми на плотері (View-Grapher). Виміряйте частоти несучої і модульованого сигналу, порівняйте отримані результати з частотами амплітудного модулятора.

7. Натисніть на піктограмі спектрального аналізатора. Увімкніть відображення спектру на плотері (View-Grapher). Скопіюйте спектр амплітудно модульованого коливання у звіт. У вікні-екрані, використовуючи вертикальний маркер досліджуйте амплітудний спектр, виміряйте частоти нижньої і верхньої бічної смуги, а також частоту несучої. Порівняйте з

теоретичними значеннями, запишіть отримані результати (табл. 1.3).

Робочі формули

Нижня бокова частота $f_{\text{ниж}} = f_{\text{ц}} - f_{\text{мод}}$

Верхня бокова частота $f_{\text{верх}} = f_{\text{ц}} + f_{\text{мод}}$.

Таблиця 1.3

	Результати дослідження	Теоретичні значення
Нижня частота бокової смуги		
Верхня частота бокової смуги		

Зміст звіту:

- 1) Назва, мета роботи, короткі теоретичні відомості
- 2) Хід роботи, де представити
 - схему амплітудного модулятора, зібраного на основі біполярного транзистора, включеного за схемою з спільним емітером;
 - осцилограми та спектрограми сигналів з назвами досліду, отриманих згідно завдання;
 - таблиці виміряних і розрахованих значень вказаних у завданні;
 - графік залежності коефіцієнта модуляції від величини напруги, що модулює: $m = f(V_3)$;
- 3) висновки за результатами експериментального дослідження та роботи у цілому.

Питання для самоперевірки

1. Які види сигналів вам відомі?
2. Дайте визначення модуляції, для чого вона застосовується?
3. Поясніть фізичні процеси при модуляції. Які види модуляції вам відомі?
4. Наведіть переваги та недоліки застосування амплітудної модуляції.
5. Як визначити коефіцієнт модуляції?
6. Що таке перемодуляція?