



ДОСЛІДЖЕННЯ АМПЛІТУДНОЇ МОДУЛЯЦІЇ

Звіт до лабораторної роботи №2 з курсу “Теорія інформації та кодування”

Варіант 3

Виконав:
ст. гр. ІР-21

Оприск Р.Р.

Прийняв:
Стахів Р. І.

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. 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.

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:

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

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

$$U_{ог}(t) = U_0 + \Delta U m \cdot \cos(\omega t + \gamma) \quad (1.2)$$

де ω – частота модулюючої функції; γ – початкова фаза огибаючої; ΔU_m – амплітуда зміни огибаючої.

Важливою частиною процесу модуляції є його *показник модуляції* або процентне співвідношення модуляції. Відношення $M = \frac{\Delta U_m}{U_0}$ (1.3)

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

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

до максимальної

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

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.

Хід роботи

Частина 1

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

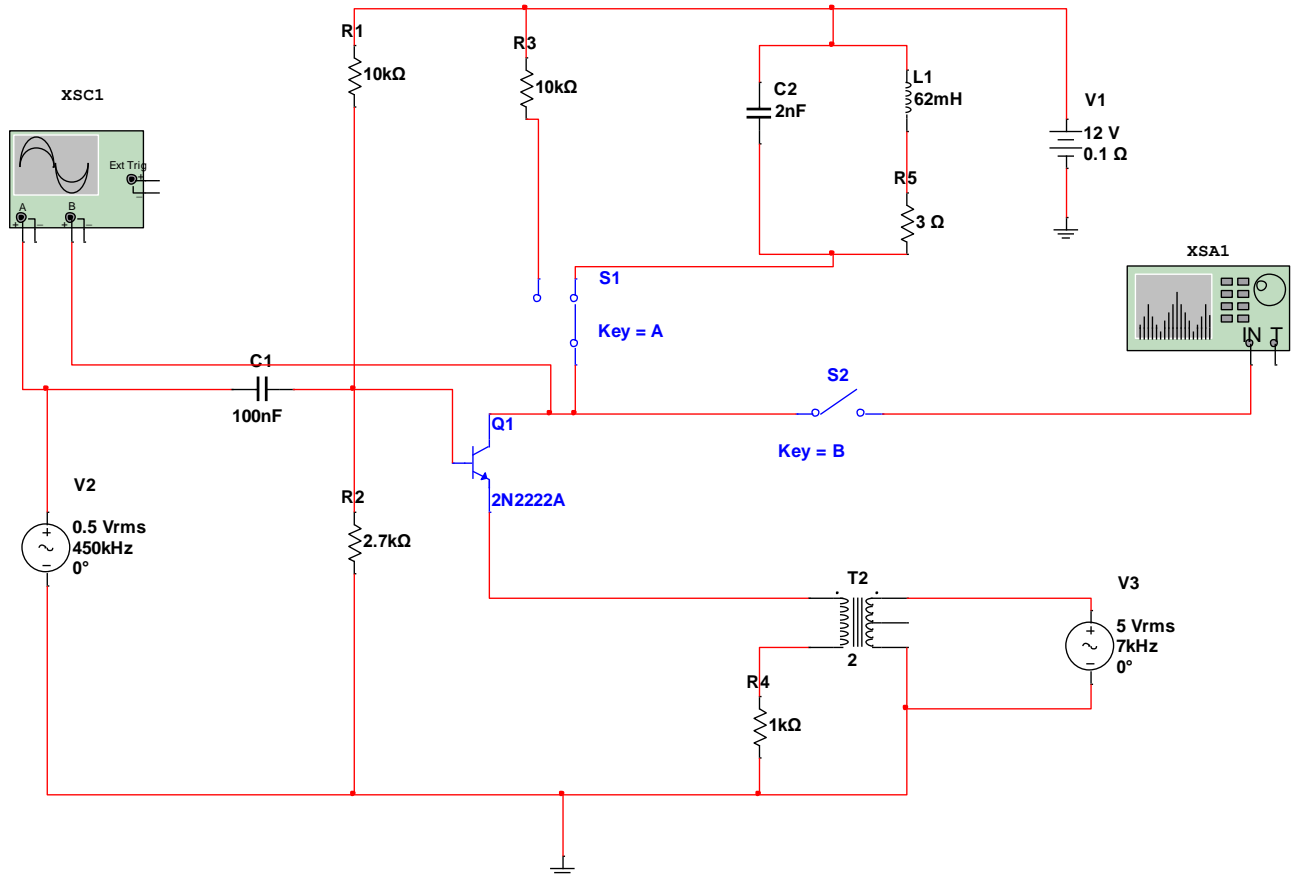


Схема експерименту для дослідження амплітудного модулятора на біполярному транзисторі

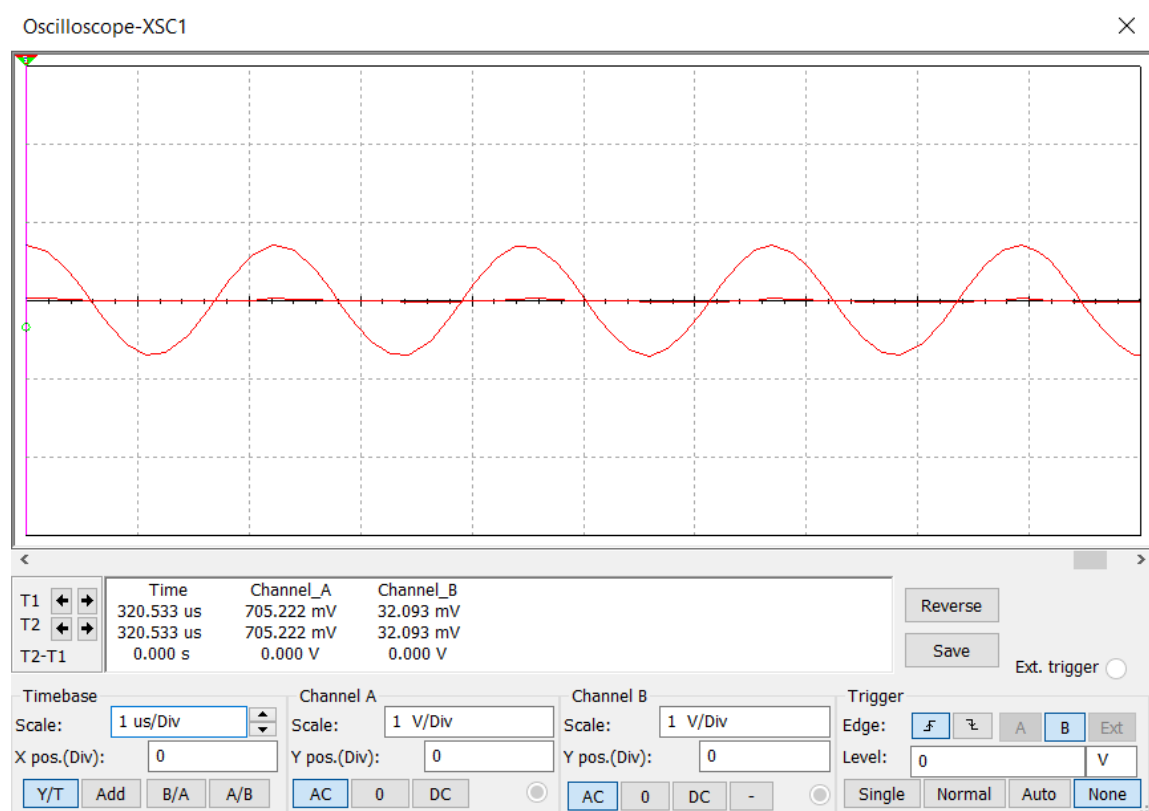
2. Встановимо параметри джерел сигналів V2, V3 і значення елементів L1, C2, R5 відповідно до варіанта завдання і табл. 1.1.

Таблиця 1.1

№ варіанту	Ампліту да джерела сигналу V2, В	Частота джерела сигналу V2, кГц	Ампліту да джерела сигналу V3, В	Частота джерела сигналу V3, кГц	L1, мкГн	C2, нФ	R5, Ом
3	0,5	450	0,1	7	62	2,0	3

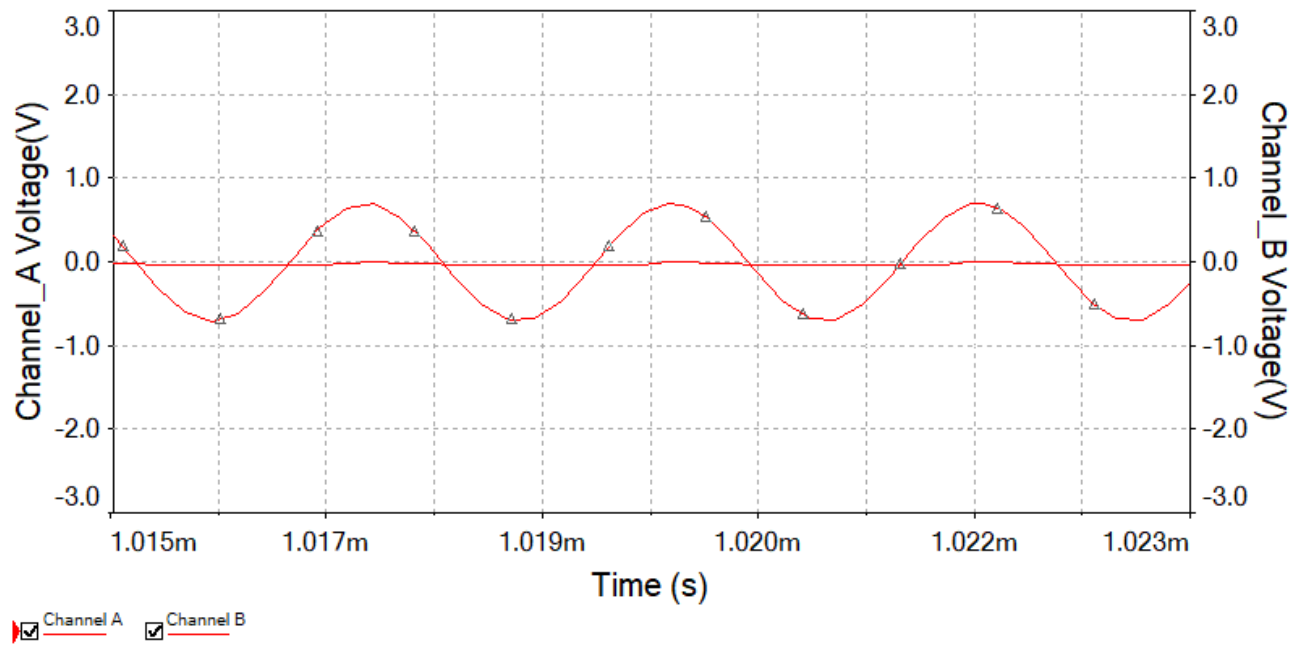
3. Ввімкнемо моделювання та спостерігаємо АМ-сигнал на вході В осцилографа (в режимі АС), встановивши необхідні значення тривалості розгортки (Timebase) і подільників напруги (Scale).

АМ-сигнал



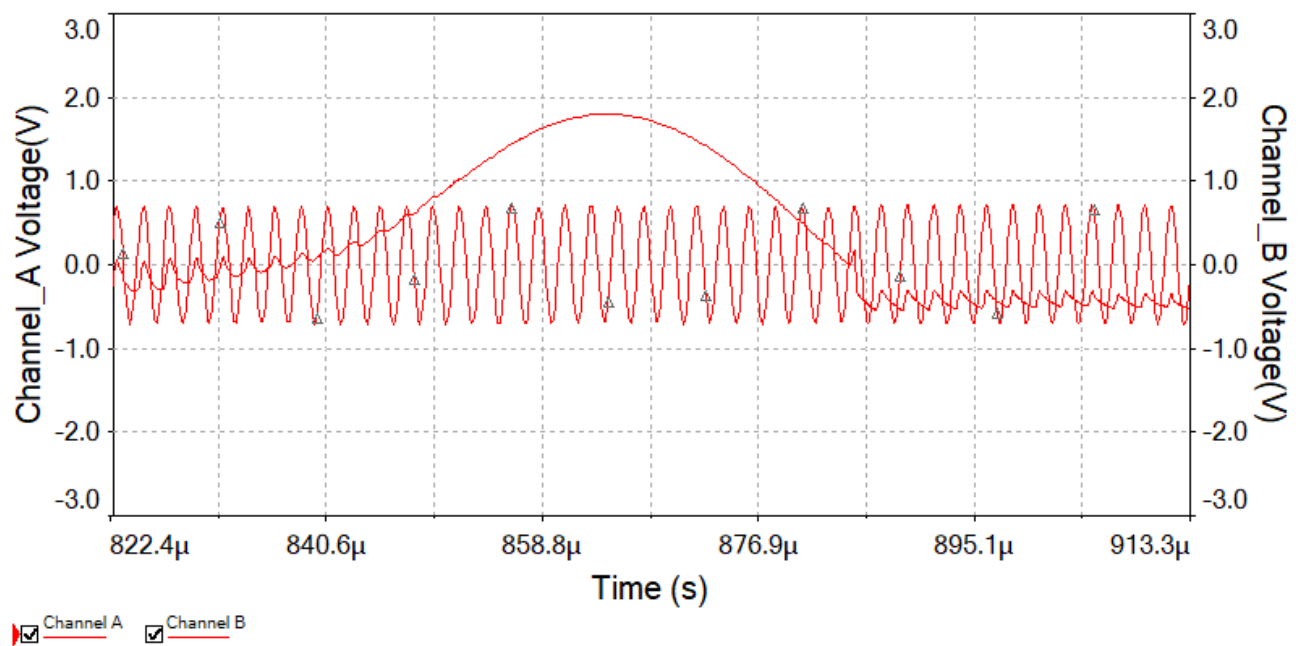
4. Вимкнемо модель незадовго до моменту повного ходу променю осцилографа. Включими відображення осцилограми на плотері (View-Grapher).

АМ-сигнал

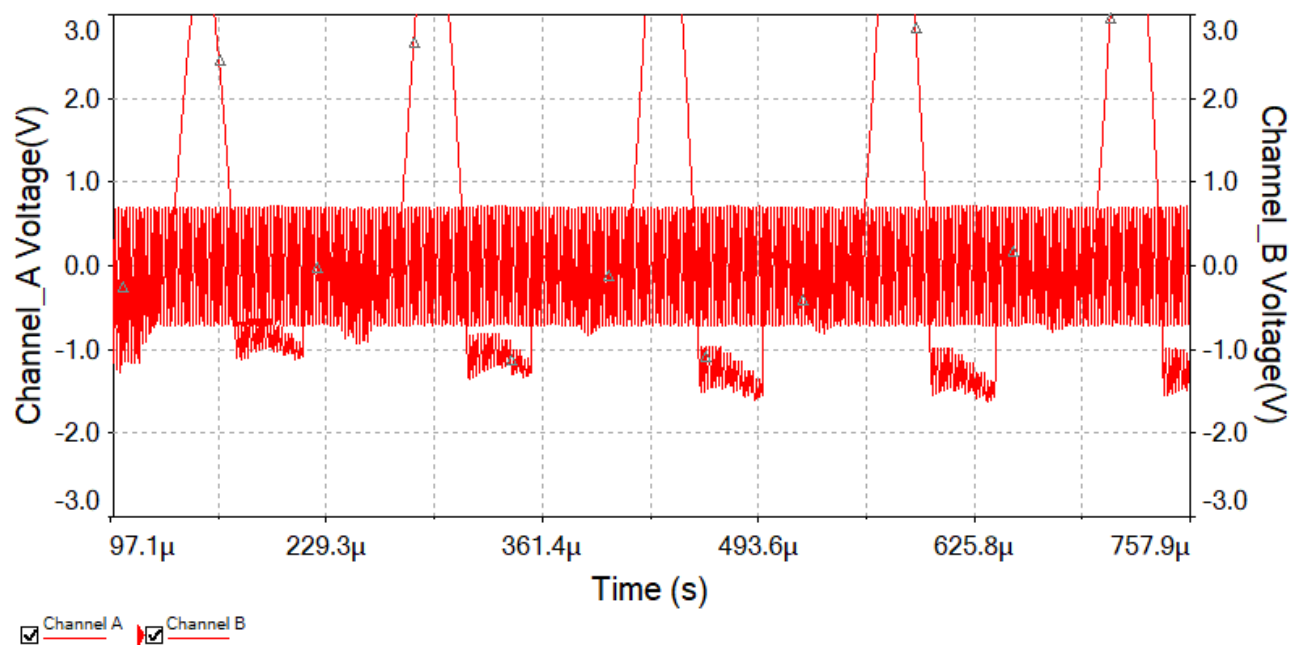


При $V_3 = 0,1$

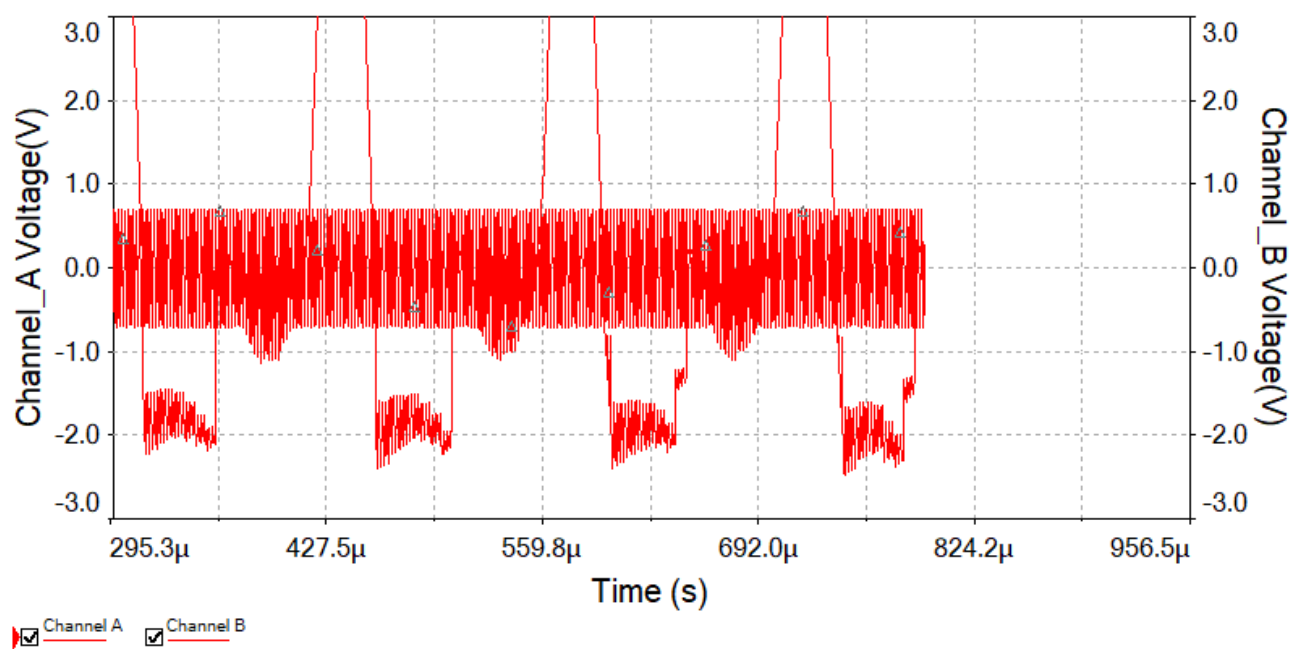
5. Повторимо вимірювання за пп. 1-4, збільшуючи амплітуду джерела V_3 . Вимірювання виконаємо для наступних значень: $V_3 = 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3$ і 5 В.



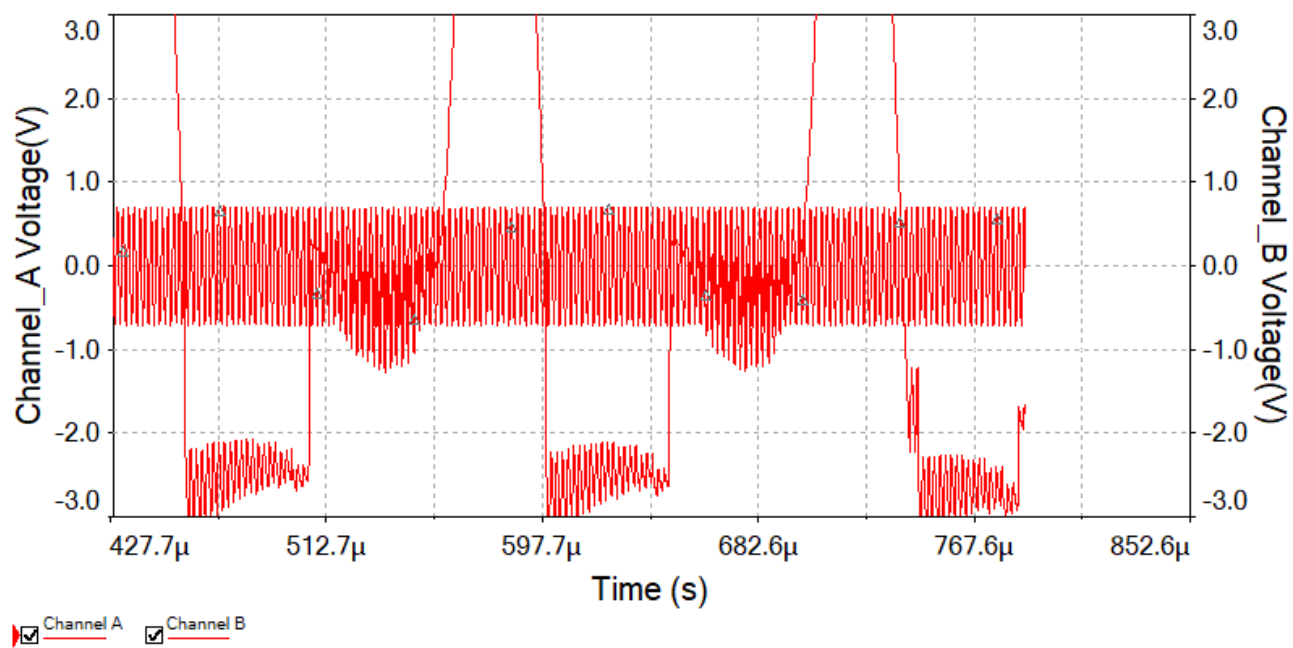
При $V_3 = 0,5$



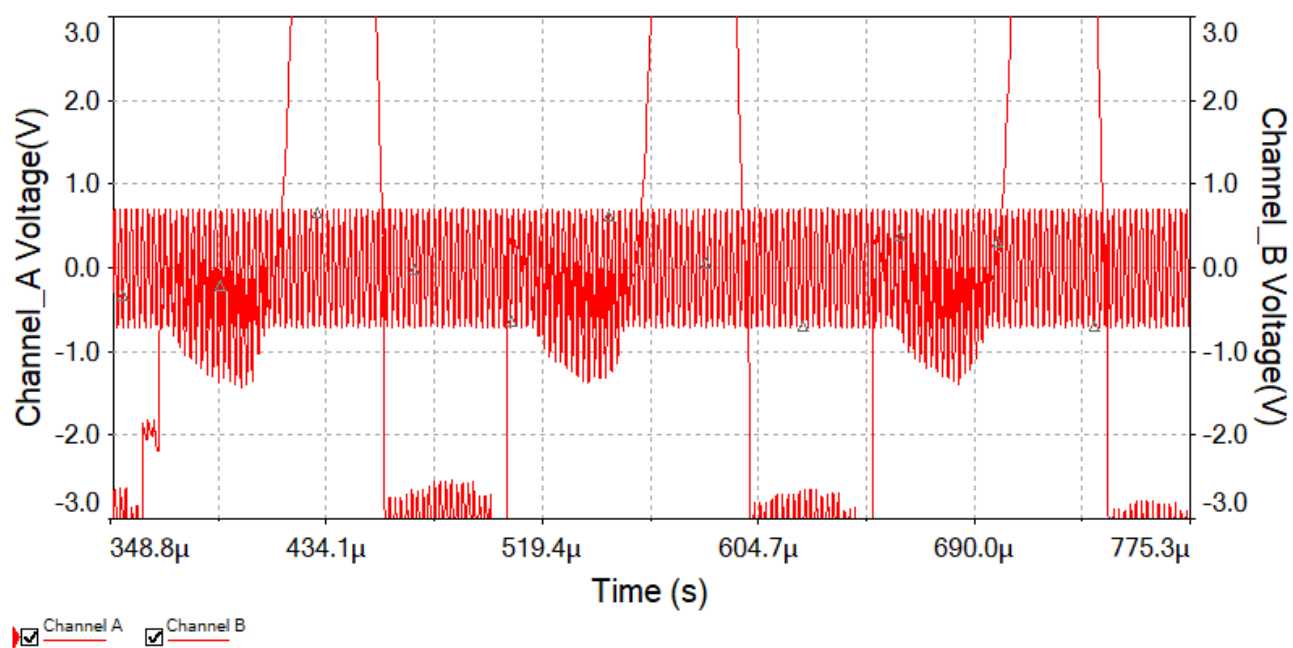
При V3=1



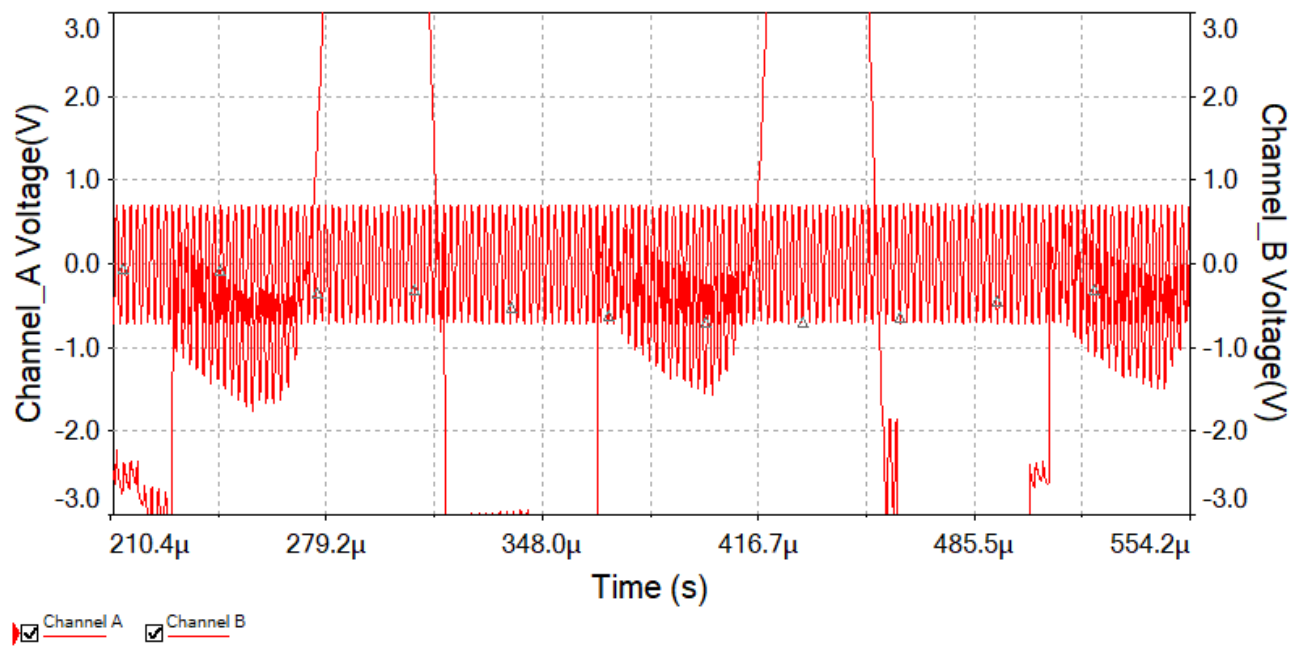
При V3=1,5



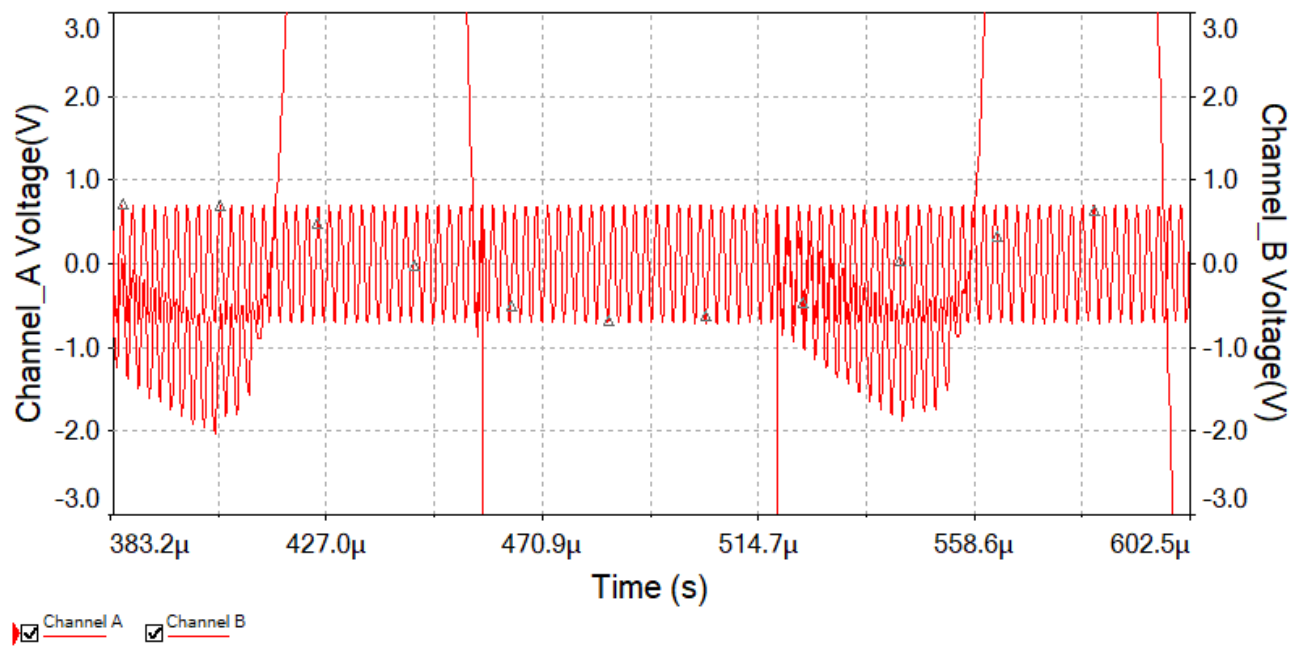
При V3=2



При V3=2,5



При $V_3=3$



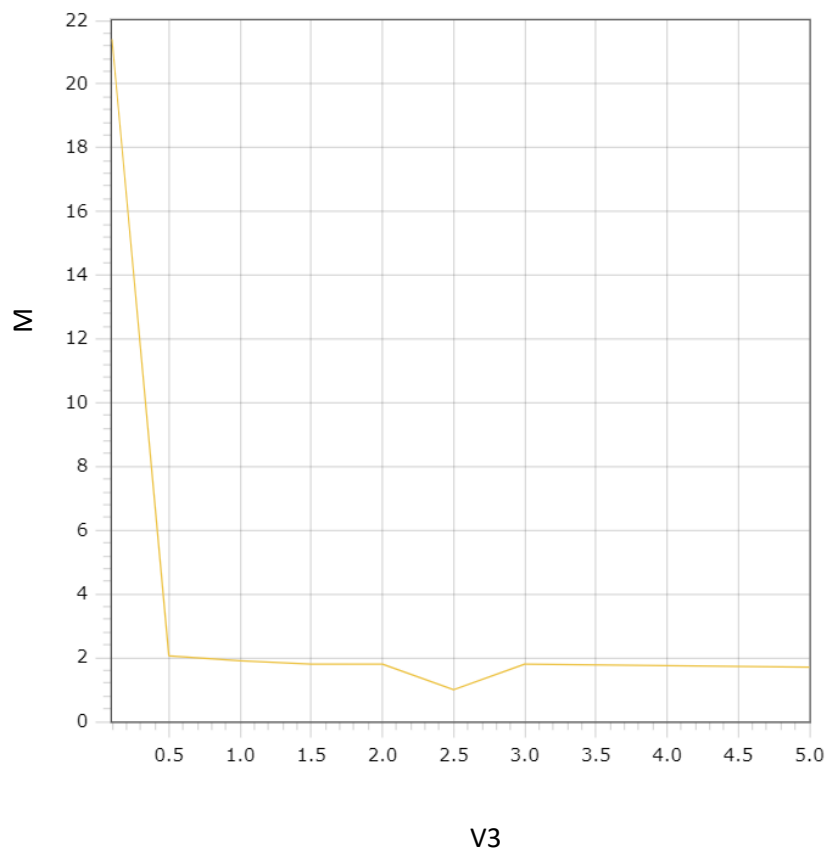
При $V_3=5$

6. Проведемо розрахунок коефіцієнтів модуляції за отриманими даними (див. формулу 1.6). Результати я заніс в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

V3, В	0.1	0.5	1	1.5	2	2.5	3	5
U_{max}	0.112	1.8	8.03	10.97	10.95	13.64	14.68	27.34
U_{min}	0.102	-0.627	-2.507	-3.35	-3.27	-3.91	-4.28	-7.44
M	21.4	2.06	1.9	1.8	1.8	1	1.8	1.7

7. Побудуємо графік залежності коефіцієнта модуляції від амплітуди модулюючої напруги $M = f(V3)$.



8. Визначимо спектральний склад вихідного сигналу при нелінійному режимі роботи підсилювача, для цього:

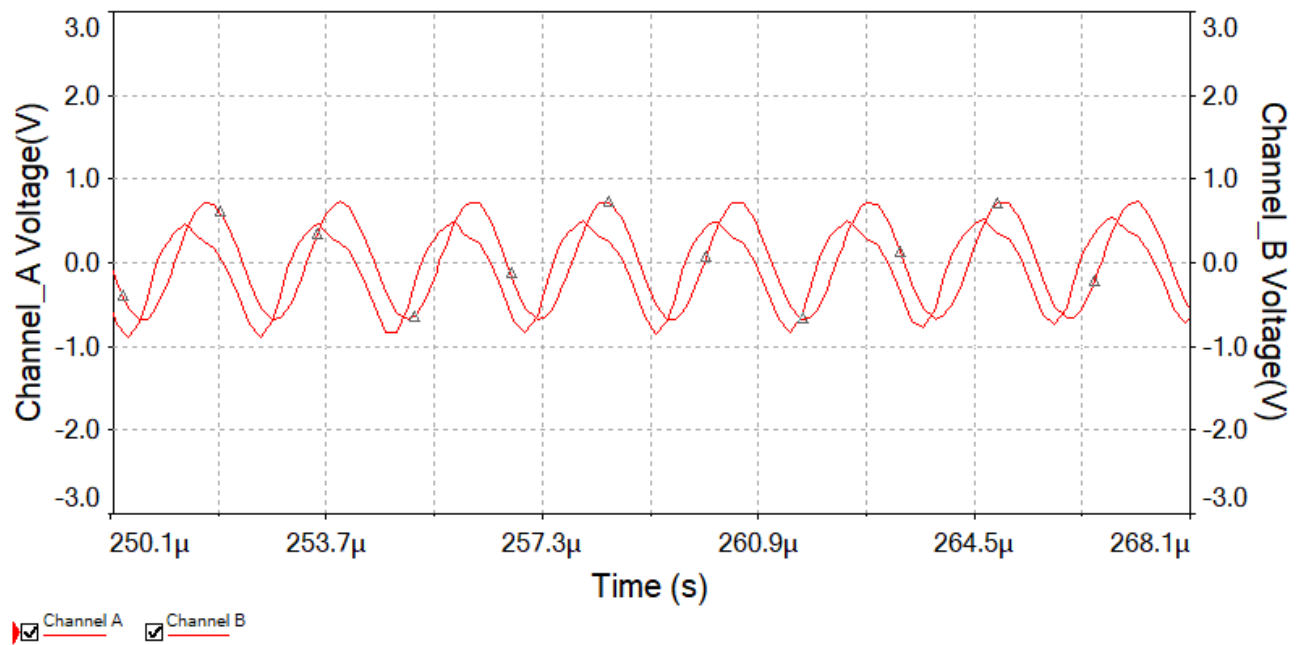
8.1 Встановимо амплітуду джерела гармонійного сигналу $V2 = 0,5$ В.

8.2 Підключимо резистор R3 в колекторний ланцюг транзистора за допомогою ключа В.

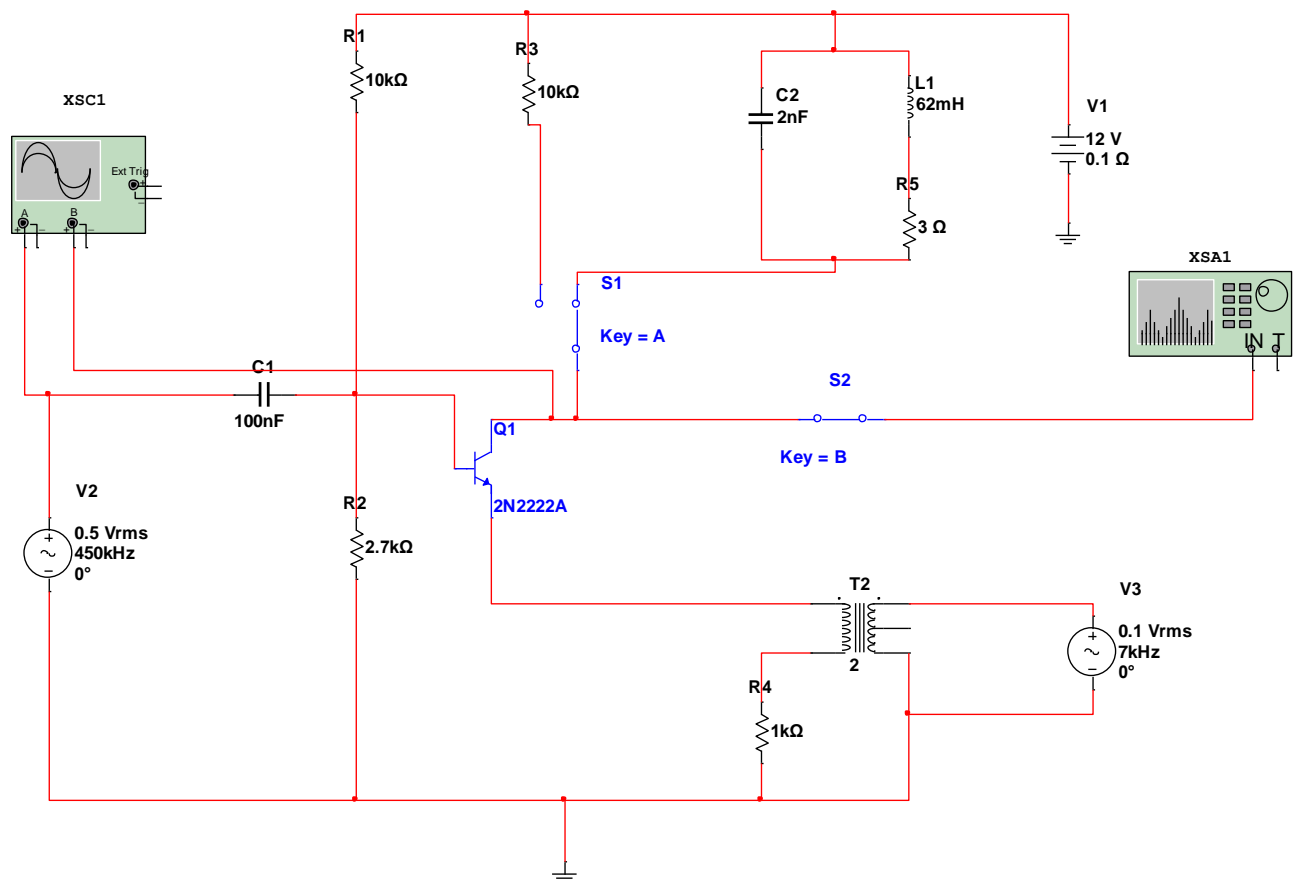
8.4 Вимкнемо модель незадовго до моменту повного ходу променя осцилографа.

8.5 Включимо відображення осцилограм на плотері (View-Grapher).

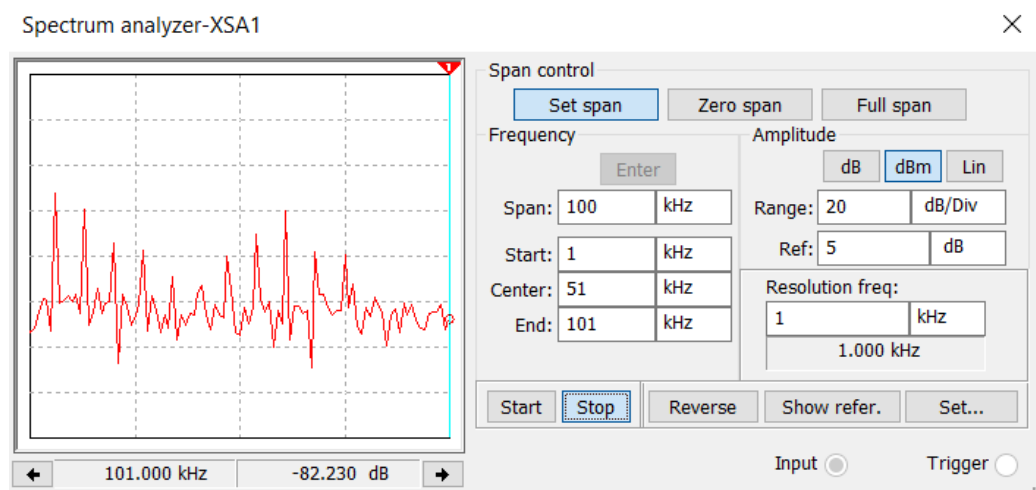
АМ-сигнал



8.6 Підключимо до колектора транзистора аналізатор спектру за допомогою ключа А.

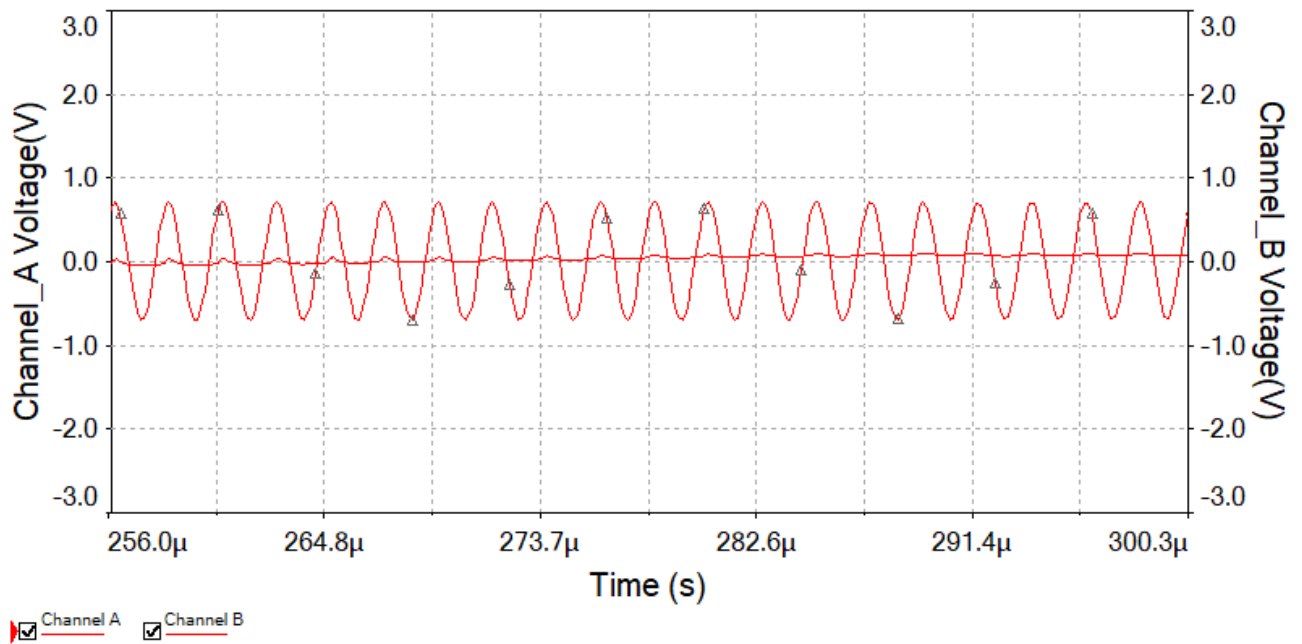


8.7 Включимо модель і визначимо спектр вихідного сигналу (за допомогою спектроаналізатору XSA1).



8.8 Виключимо модель.

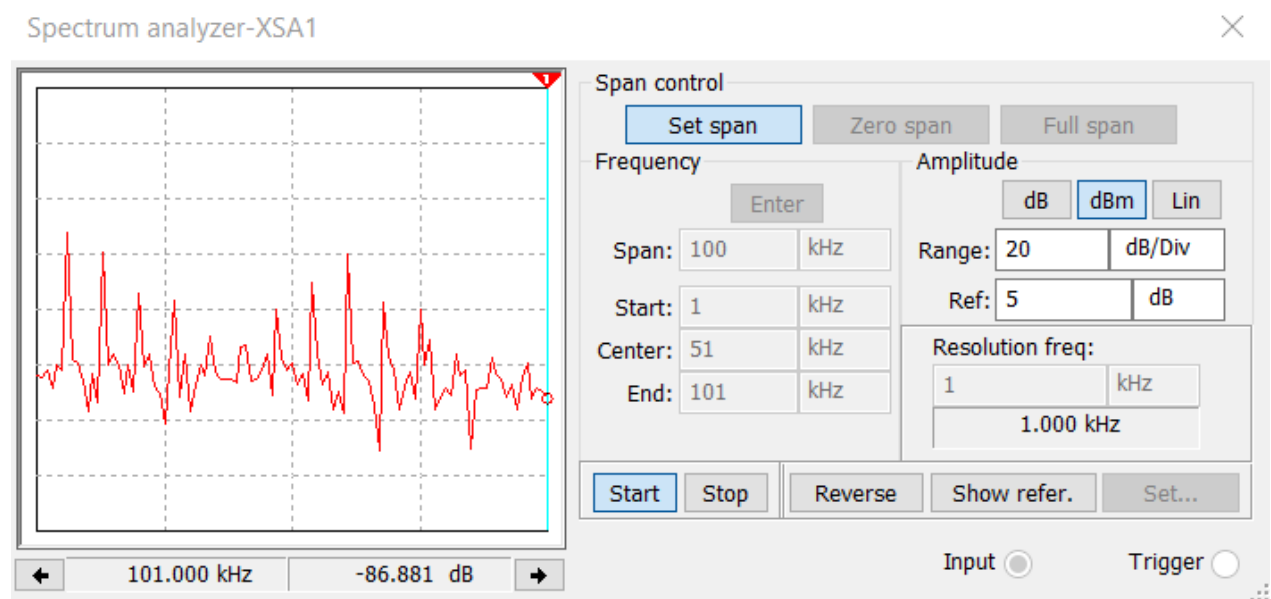
8.9 Включимо відображення осцилограми на плотері (View-Grapher).



9. Визначимо спектральний склад вихідного сигналу модулятора, для цього:

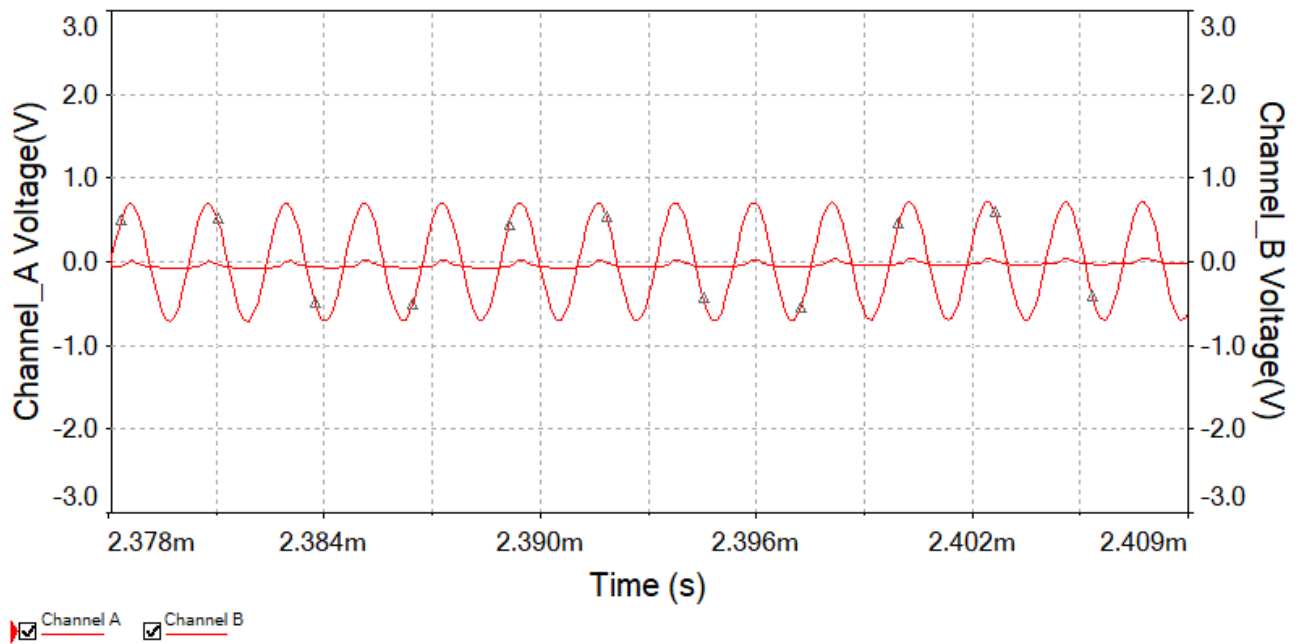
9.1 Підключимо контур L1C2 у колекторний ланцюг транзистора за допомогою ключа А.

9.2 Включимо моделювання і визначимо спектр вихідного сигналу.



9.3 Вимкнемо модель.

9.4 Включимо відображення осцилограми на плотері (View-Grapher).



Частина 2

1. У програмному середовищі Multisim зберемо схему.

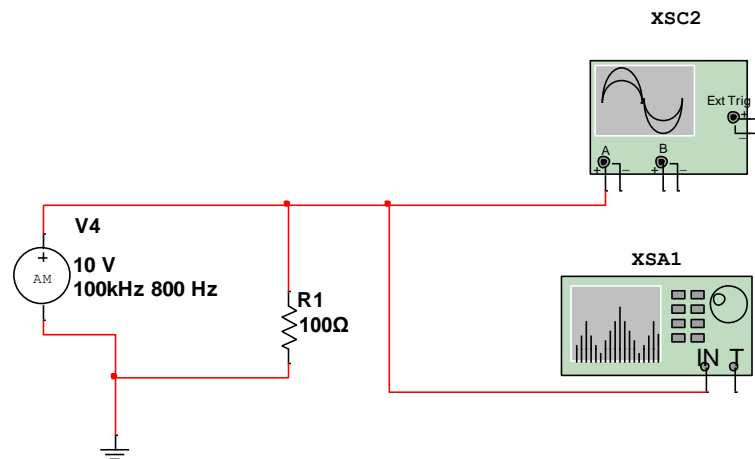


Схема оцінювання показника модуляції

2. Виконаємо налаштування амплітудного модулятора. Встановимо 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.

AM_VOLTAGE

Label Display Value Fault Pins Variant User fields

Carrier amplitude: 10 V

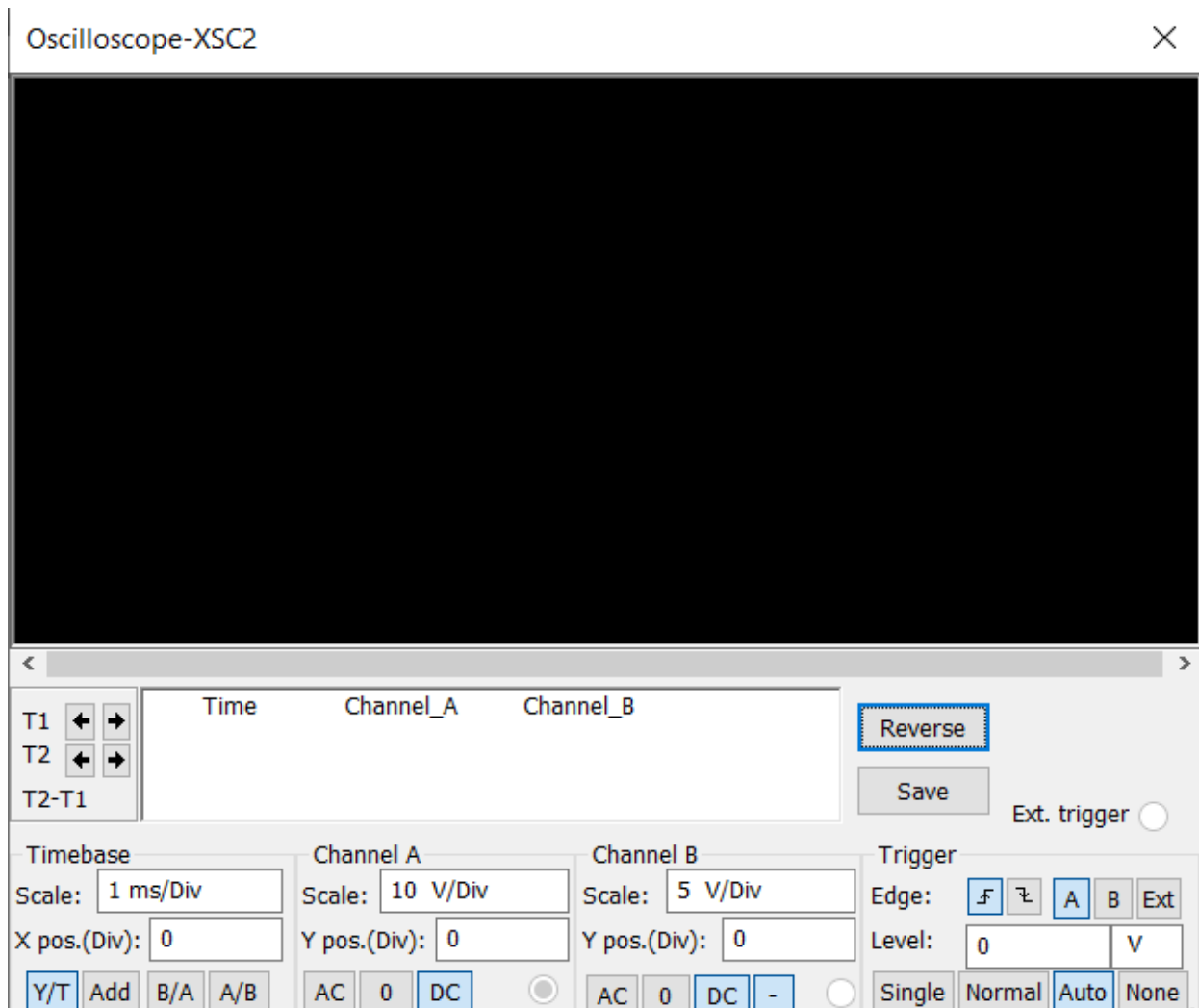
Carrier frequency: 100 kHz

Modulation index: 0.6

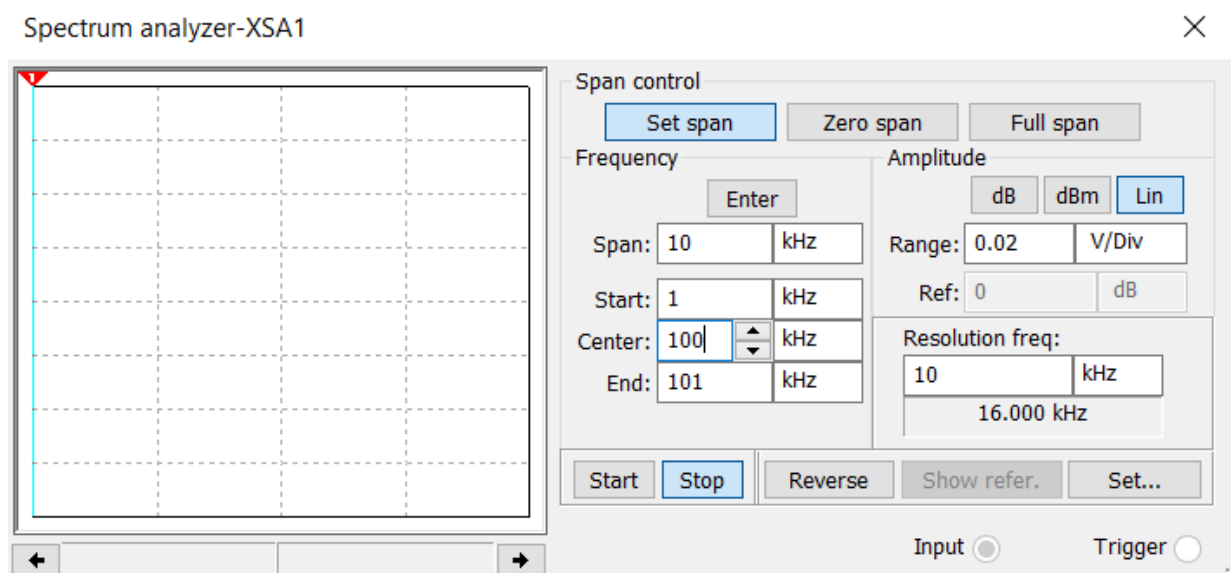
Intelligence frequency: 800 Hz

Replace OK Cancel Help

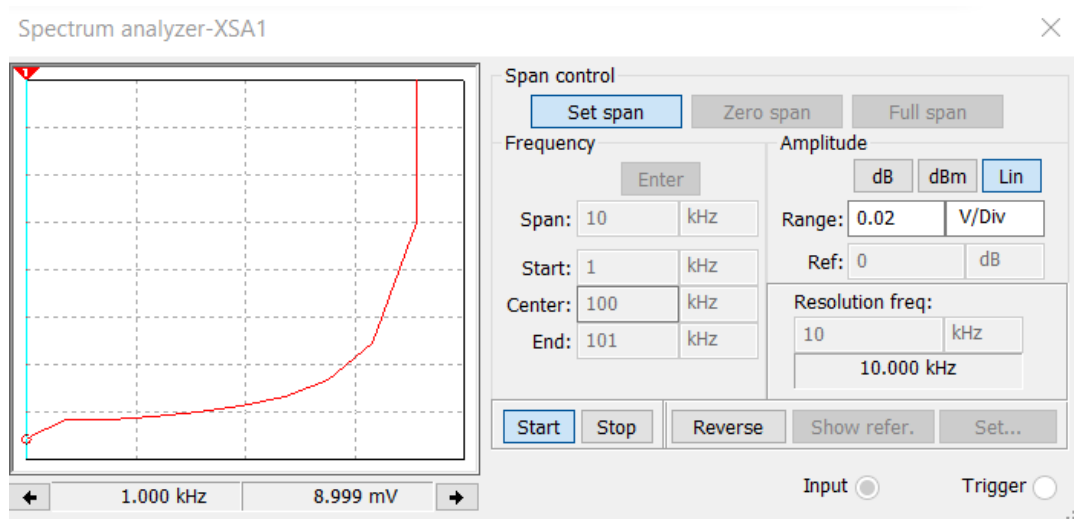
3. Виконаємо налаштування осцилографу: масштаб по осі часу 1 мс/ діл, а каналу А (Channel A) – 10 В/діл. Виберемо автоматичний пуск і зв'язок по постійному струму.



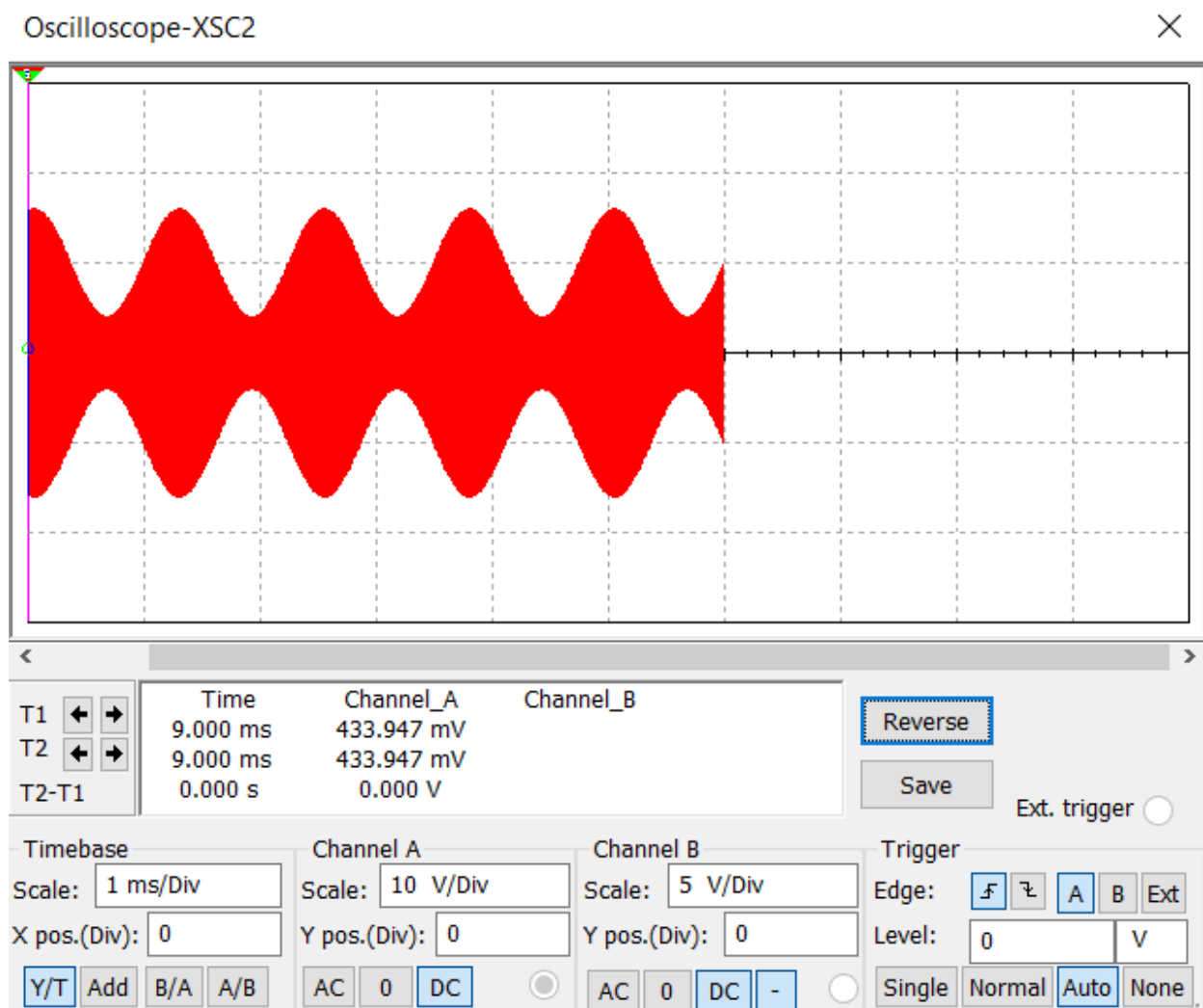
4. Виконаємо налаштування спектрального аналізатора. Встановимо параметри масштабу: діапазон частот (Span) 10 кГц, центральна частота 100 кГц і амплітуду (Amplitude) = LIN.



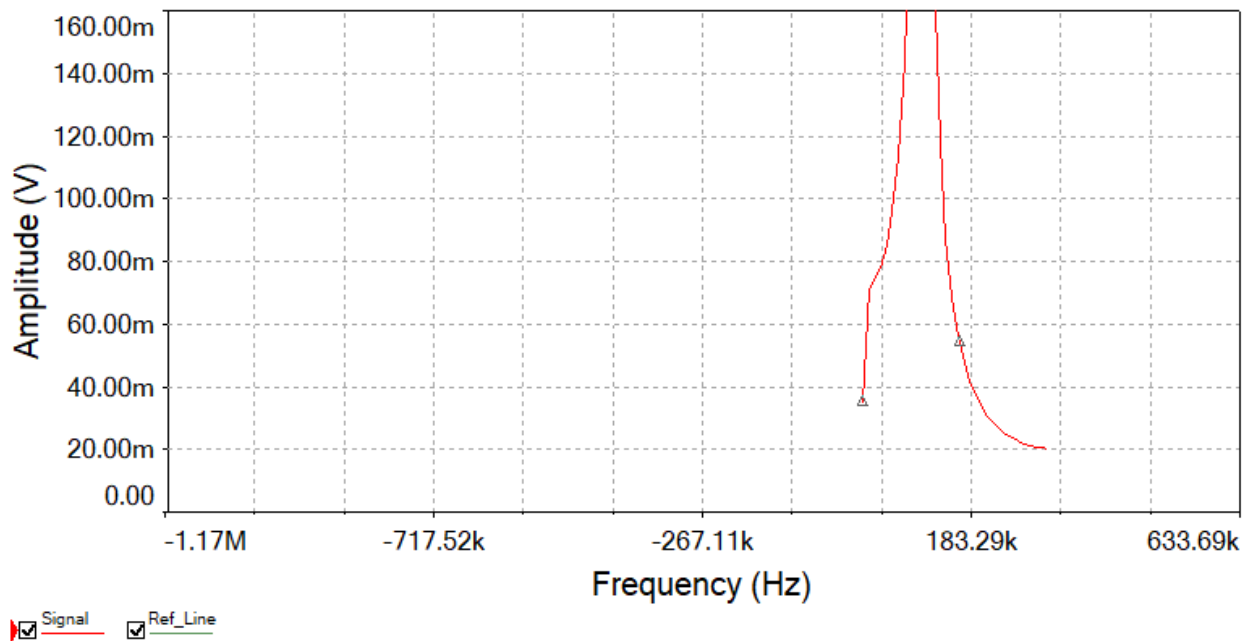
5. Запустимо процес моделювання.



6. Натиснемо на піктограмі осцилографа. Увімкнемо відображення осцилограми на плотері (View-Grapher). Виміряємо частоти несучої і модульованого сигналу.



7. Натиснемо на піктограмі спектрального аналізатора. Увімкнемо відображення спектру на плотері (View-Grapher). У вікні-екрані, використовуючи вертикальний маркер досліджуємо амплітудний спектр, вимірюємо частоти нижньої і верхньої бічної смуги, а також частоту несучої. Порівняємо з теоретичними значеннями. Отримані результати заніс у табл. 1.3.



Таблиця 1.3

	Результати дослідження	Теоретичні значення
Нижня частота бокової смуги	-15.8	Розрахункове значення мінімальної напруги на моєму графіку, яке я дослідив відповідає U_{min} . Отже, якщо присутня нижня межа, то значення коефіцієнта модуляції $M \leq 1$
Верхня частота бокової смуги	15.7	Розрахункове значення максимальної напруги на моєму графіку, яке я дослідив відповідає U_{max} . Отже, якщо присутня верхня межа, то значення коефіцієнта модуляції $M \leq 1$

Висновок: На цій лабораторній роботі, я набув знань та розуміння різних типів сигналу, будови та роботи амплітудного модулятора у різних режимах його роботи. Дослідив фізичні процеси при амплітудній модуляції. Продемонстрував різні характеристики амплітудної модуляції та способів її вимірювання.