

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ТАРАСА
ШЕВЧЕНКА

ЗВІТ

Застосування методу аналізу Фур'є для дослідження моделей
радіоелектронних систем. Моделювання операційних підсилювачів з
позитивним зворотнім зв'язком

Київ. КНУ ім. Т. Шевченка, 2021

УДК 053.08 (002.21)

ББК 73Ц

I-72

Укладачі: М.В. Цисін.

I-72 Звіт. Застосування методу аналізу Фур'є для дослідження моделей радіоелектронних систем. Моделювання операційних підсилювачів з позитивним зворотнім зв'язком

/ укл. М.В. Цисін. –К. :КНУ ім. Т.Шевченка, 2021. – 11 с. (Укр. мов.)

Наведено звіт виконання роботи з моделювання електронних схем у програмі LTspice™.

УДК 053.08 (002.21)

ББК 73Ц

©Київський Національний Університет імені Тараса Шевченка, 2021

Звіт

Звіт. Застосування методу аналізу Фур'є для дослідження моделей радіоелектронних систем. Моделювання операційних підсилювачів з позитивним зворотнім зв'язком : 11 с.

Мета роботи – навчитися аналізувати сигнал за допомогою методу аналізу Фур'є

Об'єкт дослідження – вхідний сигнал у вигляді прямокутних імпульсів

Предмет дослідження – теоретичні основи, принципи роботи, фізичний зміст і застосування методу аналізу Фур'є

Методи дослідження:

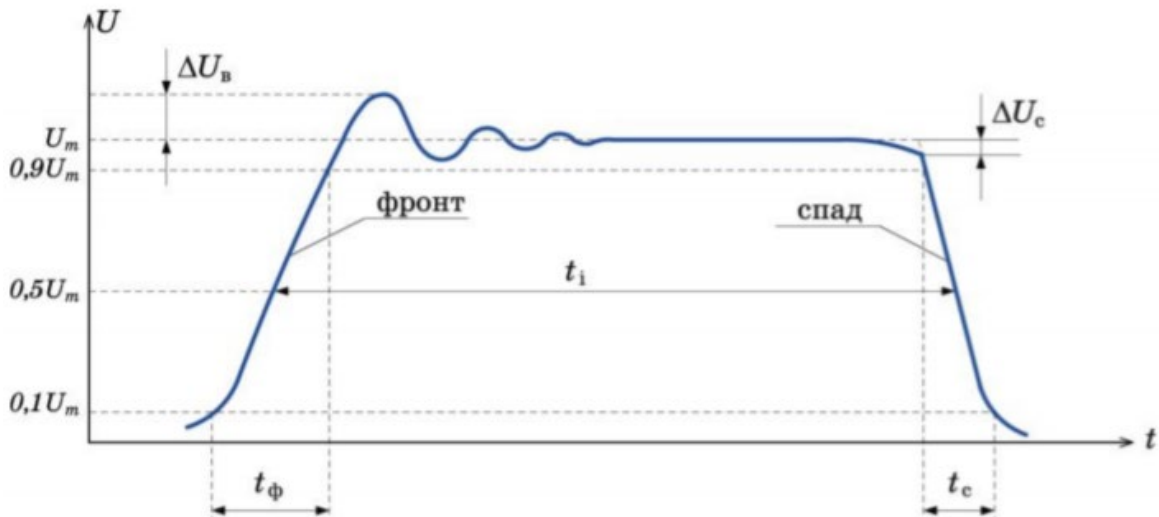
1) **Метод співставлення**, тобто одночасного спостереження вхідного та вихідного сигналів на екрані двоканального осцилографа із наступним вимірюванням і порівнянням їх параметрів

Зміст

Теоретичні відомості	5
Виконання роботи.	7
Схема №1	7
Схема 2.....	8
Схема 3.....	10
Висновки.....	11
Джерела.....	11

Теоретичні відомості

Імпульсні сигнали. Окрім синусоїдальних сигналів на практиці нерідко використовують імпульсні сигнали та їхні послідовності як базові. На рисунку наведено типовий поодинокий імпульс та наведені його часові й амплітудні параметри.



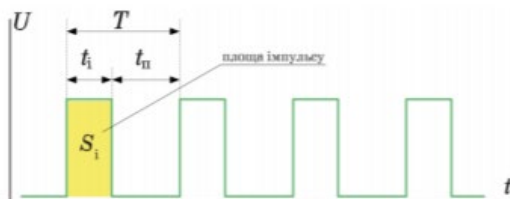
До **амплітудних параметрів** належать:

- Амплітуда імпульсу U_m
- Викид на фронті імпульсу ΔU_B
- Спад вершини U_C

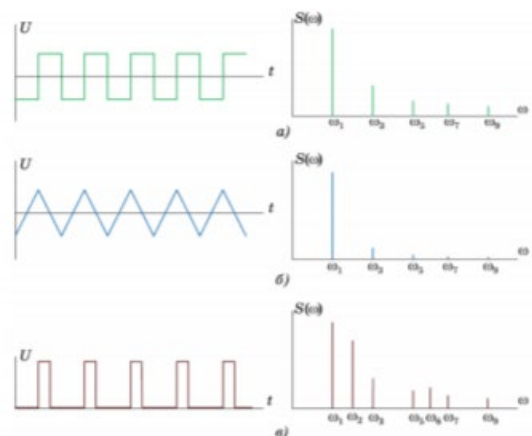
До **часових параметрів** належать:

- Тривалість фронту t_ϕ
- Тривалість спаду t_c
- Тривалість імпульсу t_i

Самі імпульси бувають **однополярними** (позитивними або негативними) та **різнополярними**. Для отримання імпульсних послідовностей різної форми, частоти та амплітуди застосовують спеціальні **генератори**. Імпульсні послідовності характеризуються наявністю пауз між поодинокими імпульсами. Як пауза тривалістю t_p приймається нульовий рівень напруги чи струму, або такий рівень, який прирівнюється до нульового.



Застосування аналізу Фур'є. Якщо тривалість імпульсів і пауз між ними в послідовності не змінюється, то говорять про періодичну послідовність, яка характеризується періодом



$T = t_i + t_p$, коефіцієнтом заповнення $S = \frac{t_i}{T}$ та шпаруватістю $Q = \frac{T}{t_i}$.

Важливим параметром імпульсної послідовності є середнє значення напруги:

$$\tilde{U} = \int_0^{t_i} U(t) dt = \frac{S_i}{T} = \frac{U_m}{Q}.$$

Графічні зображення спектрів послідовностей деяких імпульсних сигналів наведені на рисунку. Довжини вертикальних відрізків дорівнюють амплітудам відповідних гармонік. Ці відрізки називають **спектральними лініями**, а сам спектр — **лінійчатим**.

У загальному випадку спектр сигналу нескінченний, оскільки амплітуди гармонік зі збільшенням номера зменшуються. Починаючи з деякої гармоніки високочастотними коливаннями нехтують, обмежуючи спектр сигналу.

Величина інтервалу частот, у якому розміщується обмежений спектр, називають **шириною спектру**. Обмеження спектру проводять виходячи з припустимого спотворення сигналу так, щоб не втратити інформацію, яка міститься в ньому. На рисунку показане формування прямокутних імпульсів з гармонік.

Використання для гармонічного аналізу складних періодичних коливань ряду Фур'є в комбінації з принципом суперпозиції є ефективним засобом для вивчення впливу лінійних кіл на проходження сигналів. Однак необхідно зазначити, що визначення сигналу на виході кола за сумою гармонік із заданими амплітудами та фазами є непростою задачею, особливо якщо не забезпечується швидка розбіжність ряду Фур'є, який представляє вхідний сигнал. Найбільш поширені в радіотехніці сигнали не відповідають цій умові, тому для задовільного відтворення форми сигналів зазвичай необхідно підсумувати велику кількість гармонік.

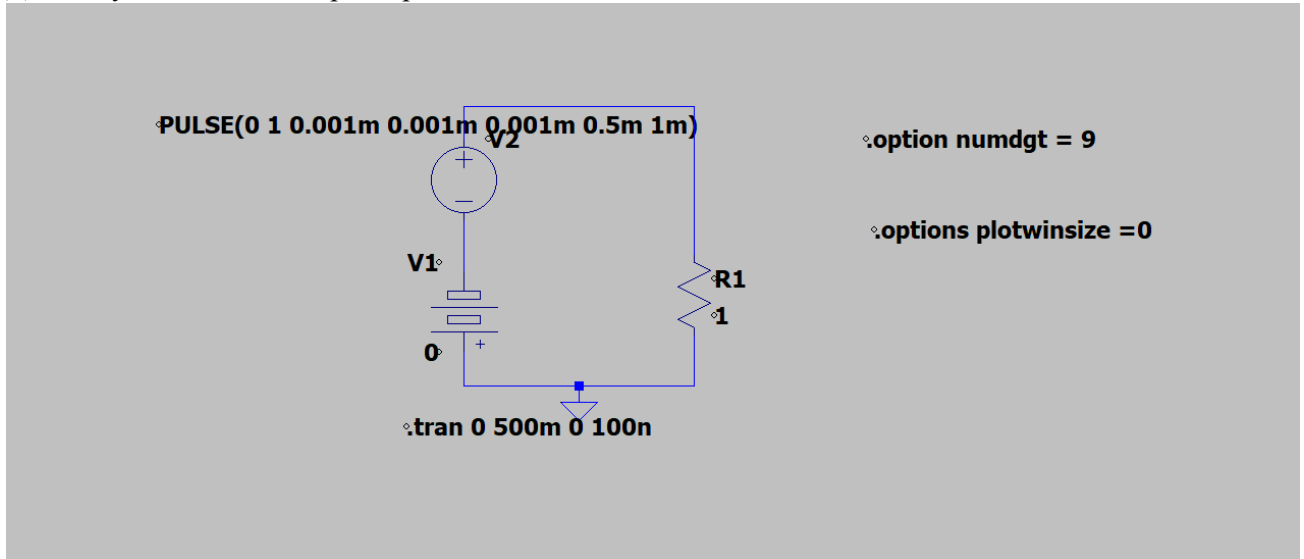
Виконання роботи.

Виконаємо дослідження обраних схем:

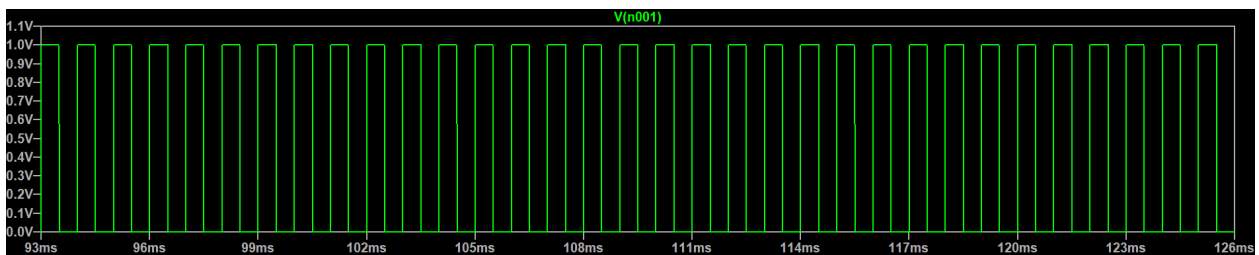
Схема №1

Схема складається із зсунутого джерела прямокутних імпульсів і резистора з якого знімаємо сигнал

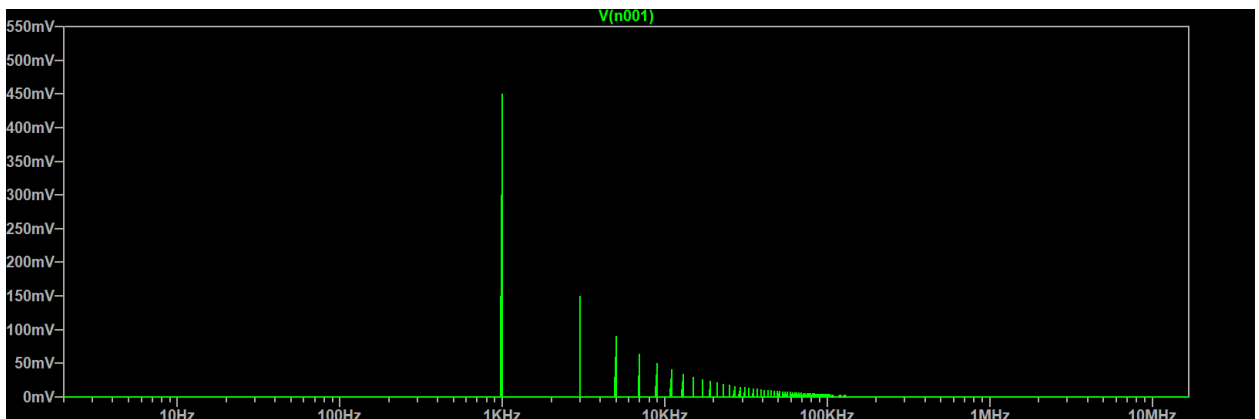
Досліджувана схема та параметри моделювання:



Шматок вихідного сигналу (для точності перетворення Фур'є було обрано багато періодів)



Вихід схеми і отримана спектрограма Фур'є:

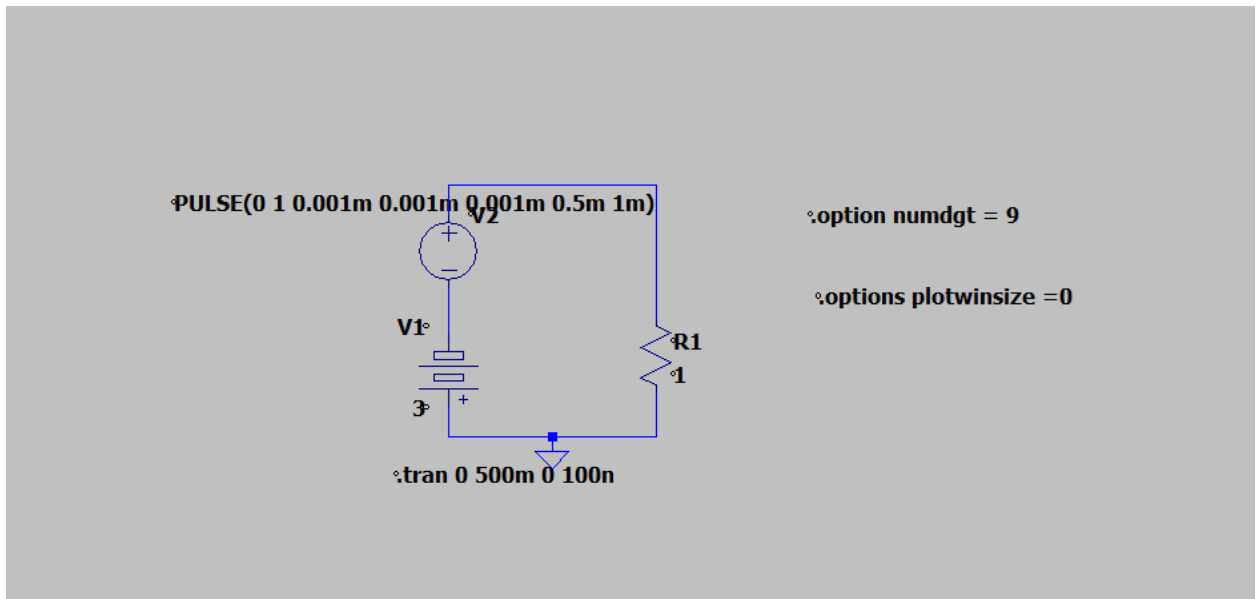


Бачимо, що наявні лише непарні гармоніки. Як і повинно бути. (Наведена лише амплітуда сигналу)

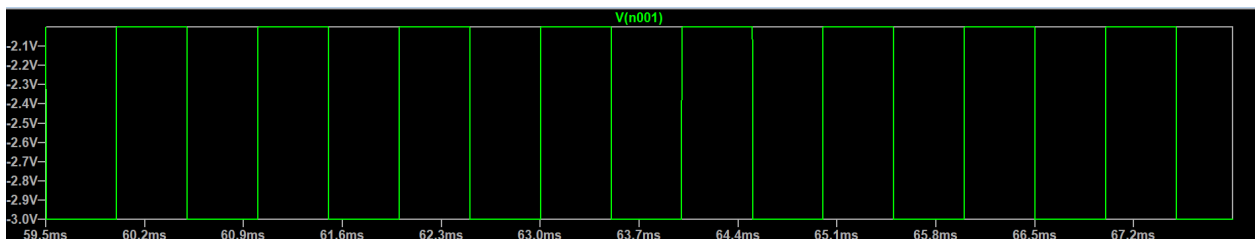
Схема 2

Досліджувана схема:

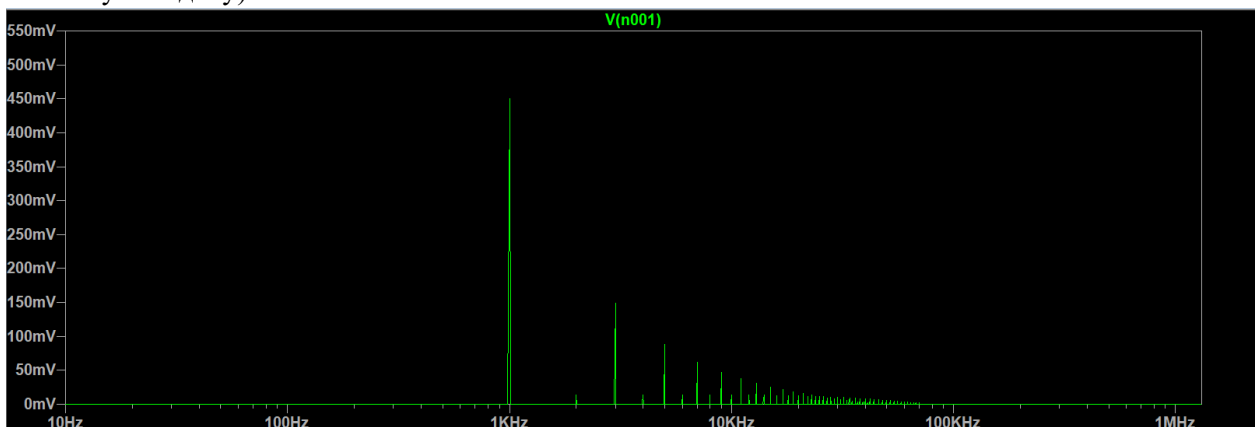
Така сама, але з ненульовим постійним струмом.



Вихідний сигнал.



Спектрограма. (Оскільки софт погано працює за постійним струмом, ми не можемо побачити постійну складову)



Для лінійного масштабу:

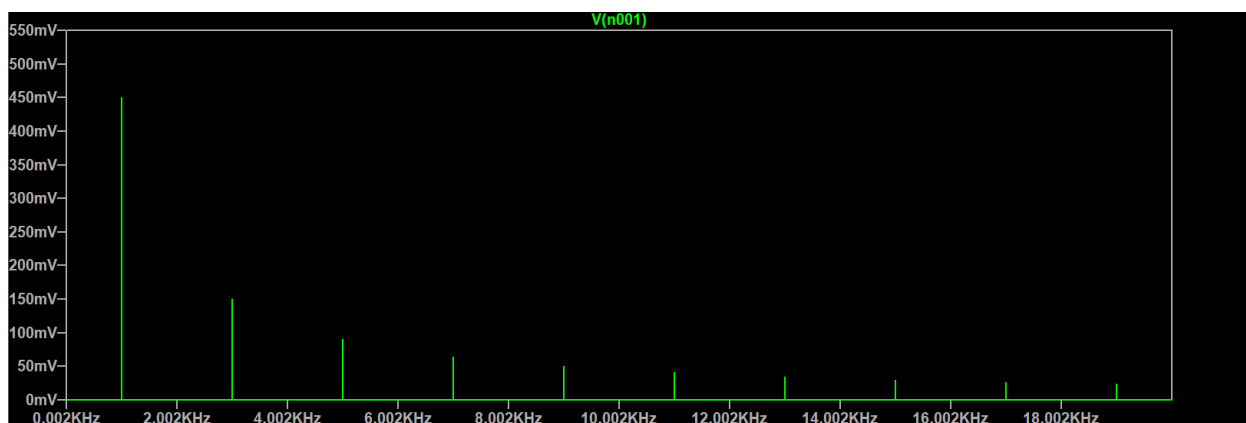
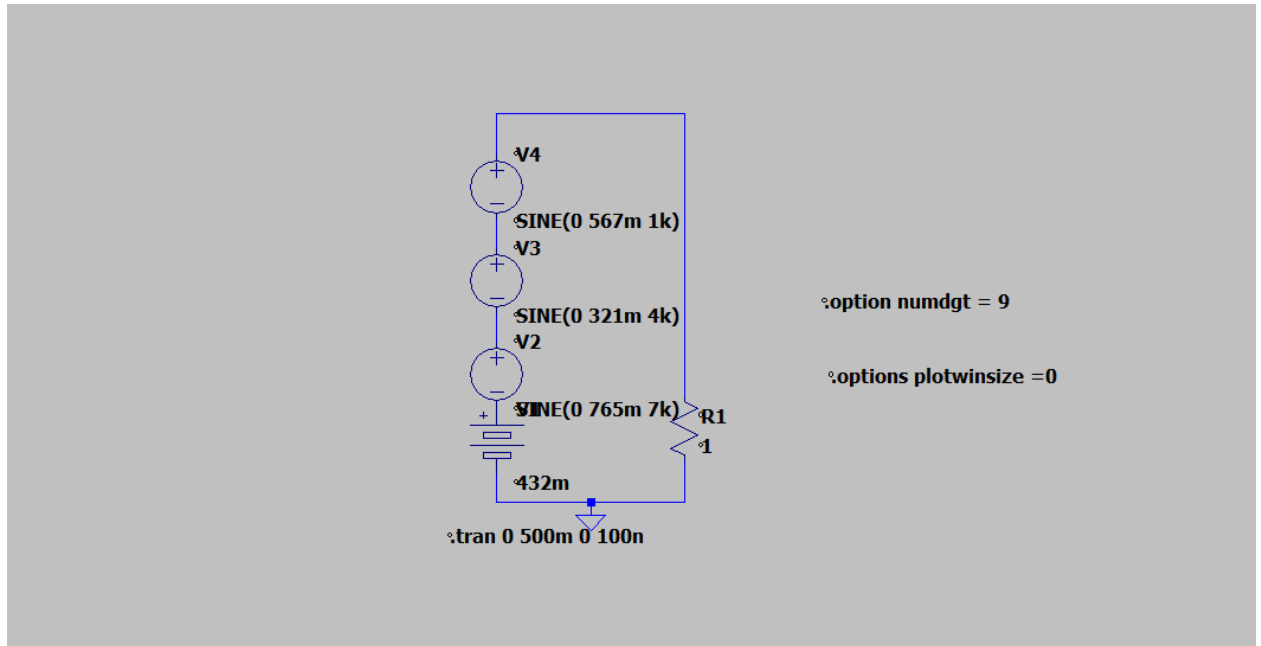
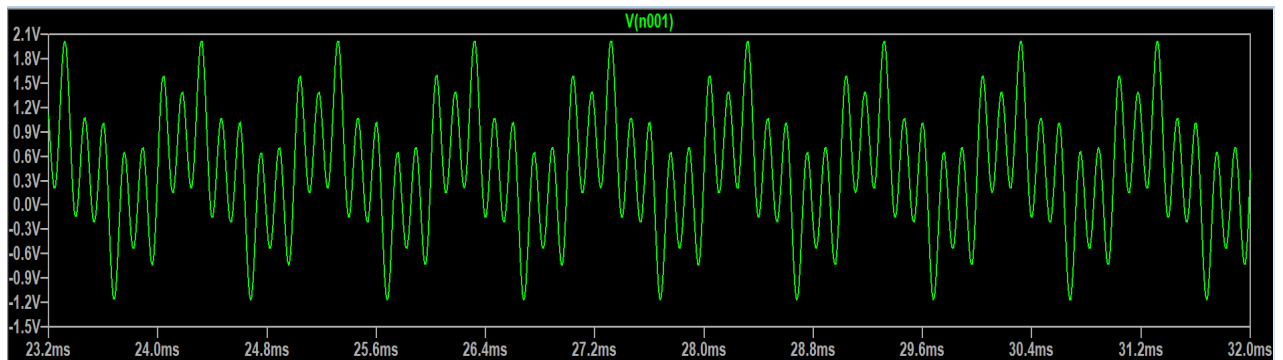


Схема 3

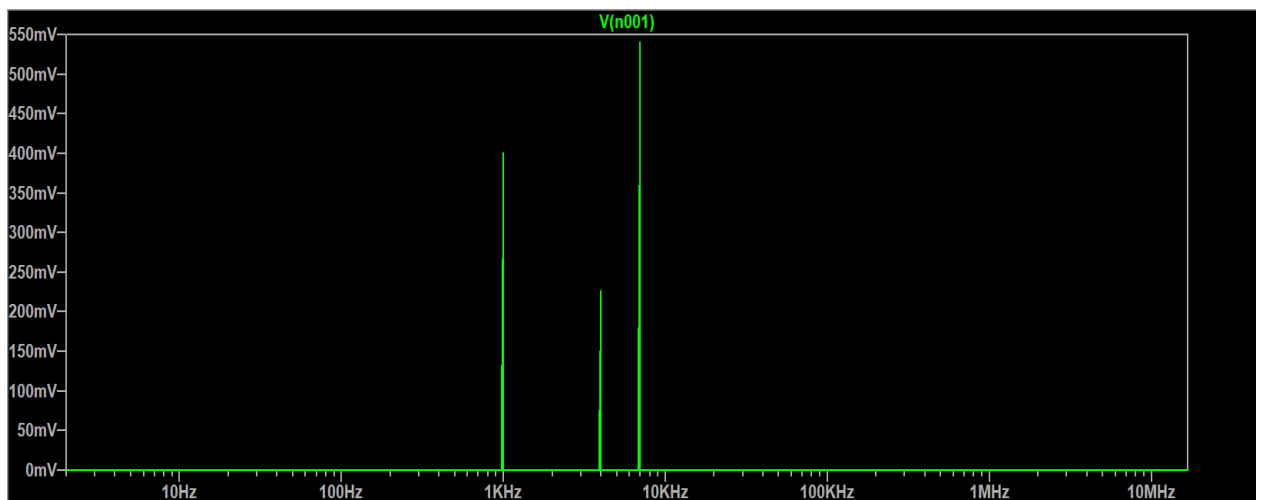
Для декількох синусоїдальних хвиль отримаємо таку схему:



Вигляд вихідної хвилі:



Спектрограма:



Висновки

В цій роботі ми дослідили різні типи прямокутних сигналів та їх комбінації, проаналізували отримані графіки за допомогою методу Фур'є, та робили синтезований сигнал, знаючи його Фур'є-перетворення. Ми дослідили дві схеми з генератором прямокутних сигналів, різниця між якими полягала в тому, що друга схема зміщувала АЧХ з першої на 5090 униз. Звідти ми побачили, що для генерації прямокутних сигналів, взагалі кажучи, потрібна нескінченно велика кількість гармонік. Далі ми провели обернену операцію — синтезували сигнал, скориставшись сумою декількох гармонік. Для цього склали схему із послідовно включених джерел гармонічних сигналів, амплітуди яких вибирали відповідно до тих, які ми попередньо визначили та джерело певної постійної напруги (для гармоніки із нульовою частотою). Так для синтезу сигнала, який аналізували на схемі №1, склали схему, яка наведена на схемі №3. Для синтезу сигнала в даному випадку використали чотири гармоніки (три гармоніки з частотами 1 кГц, 3 кГц, 5 кГц та постійна складова). У цьому можна ще раз переконатись, поглянувши на спектрограму схеми №3. Результат синтезу чотирьох гармонік наведено на рис. 8. Очевидно, що чим більше гармонік ми беремо, тим подібніший до початкового в нас виходить сигнал.

Джерела

- Методичні вказівки до практикуму «Основи радіоелектроніки» для студентів фізичного факультету. Слободянюк О.В.
- Вивчення радіоелектронних схем методом комп'ютерного моделювання. Ю. О. Мягченко