

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КІЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені
ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Охріменко Г.М.

ЗВІТ

**Застосування метода Фур'є аналізу
для дослідження моделей радіоелектронних схем**

Київ. КНУ ім. Т. Шевченка, 2021

УДК 007.015 (005.21)

ББК 73Ц

I-72

Укладачі: Г. М. Охріменко

I-72 Звіт. Застосування метода Фур'є аналізу для дослідження моделей радіоелектронних схем ./ укл. Г. М. Охріменко. – К. : КНУ ім. Т. Шевченка, 2021. – 11 с. (Укр. мов.)

Наведено загальний звіт виконання роботи з моделювання електронних схем у програмі LTspiceTM.

УДК 007.015 (005.21)

ББК 73Ц

© Київський Національний
Університет імені Тараса Шевченка,
2021

РЕФЕРАТ

Звіт про застосування метода Фур'є аналізу для дослідження моделей радіоелектронних схем: 11 с., 12 рис.

Мета роботи – навчитися аналізувати сигнал методом Фур'є.

Об'єкт дослідження – вхідний сигнал у вигляді прямокутних імпульсів.

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

Методи дослідження – метод аналізу Фур'є.

ФУР'Є АНАЛІЗ, СХЕМОТЕХНІКА, ТИПИ СИГНАЛІВ, LTSPICE.

Зміст

1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.....	5
2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	8
ВИСНОВКИ.....	11
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	11

1. Теоретичні відомості

Окрім синусоїдальних в якості базових сигналів часто використовують різні за формою **імпульсні сигнали** та їх послідовності. На рис. 1 зображений типовий поодинокий імпульс та наведені його амплітудні та часові параметри.

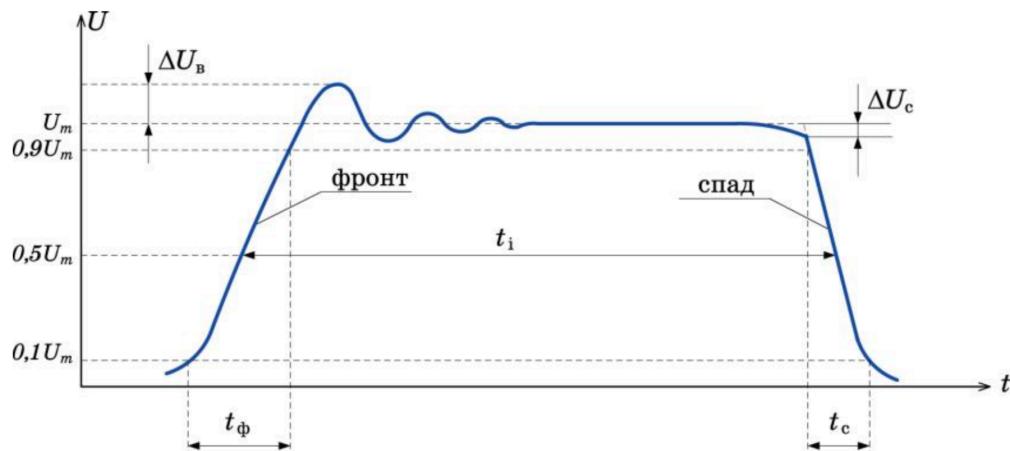


Рис. 1 Типовий поодинокий імпульс

До амплітудних параметрів відносяться такі: U_m – амплітуда імпульсу; ΔU_B – викид на фронті імпульсу; ΔU_c – спад вершини. До часових параметрів відносяться тривалість фронту t_Φ та спаду t_c , а також тривалість імпульсу t_i .

Імпульси можуть бути **однополярними** та **різнополярними**. Однополярні імпульси можуть бути позитивними та негативними. Для отримання імпульсних послідовностей різної форми, частоти та амплітуди застосовують спеціальні **генератори**.

Імпульсна послідовність характеризується наявністю пауз між поодинокими імпульсами. Як пауза тривалістю t_Π приймається нульовий рівень напруги чи струму або такий рівень, який прирівнюється до нульового (рис. 2).

Якщо тривалість імпульсів і пауз між ними в послідовності не змінюється, то говорять про періодичну послідовність, яка характеризується періодом

$T=t_i+t_\Pi$, коефіцієнтом заповнення та шпаруватистю $S = t_i/T$, $Q = T/t_i$.

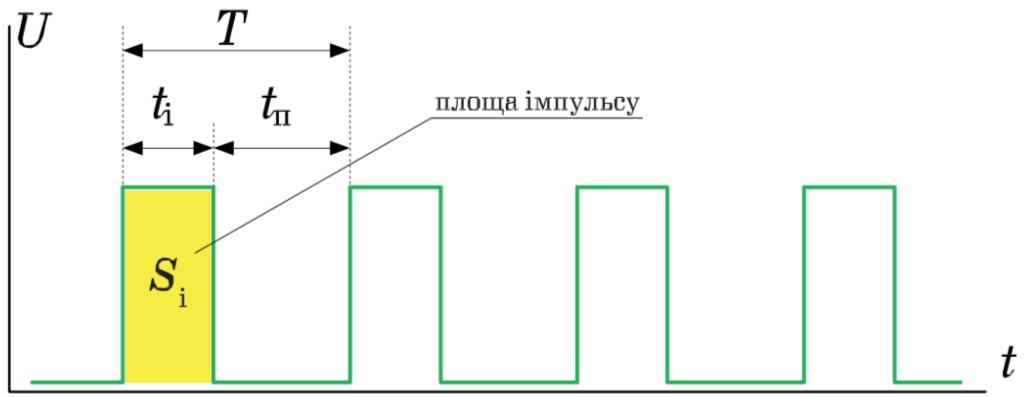


Рис. 2 Послідовність прямокутних імпульсів

Одним з найбільш важливих параметрів імпульсної послідовності є середнє значення напруги, яке можна визначити за формулою

$$U_{cep} = \int_0^{t_i} U(t)dt = \frac{S_i}{T} = \frac{U_m}{Q},$$

де S_i – площа підінтегральної функції; U_m – амплітуда імпульсу. Графічні зображення спектрів послідовностей деяких імпульсних сигналів наведені на рис 3.

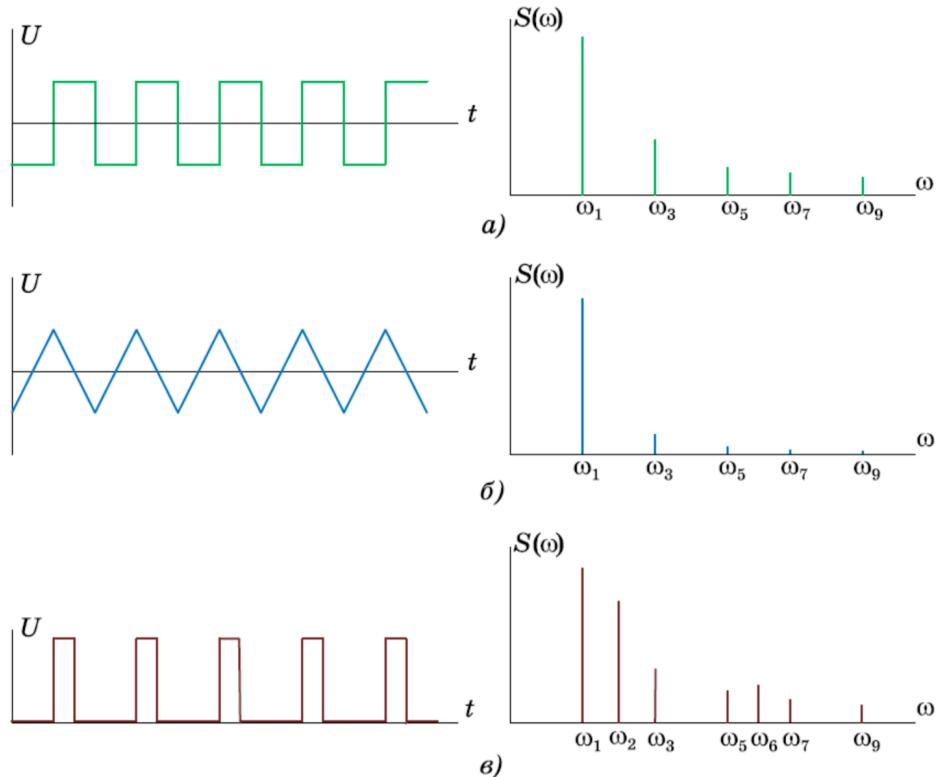


Рис. 3 Форма сигналів та графічне зображення спектрів прямокутних симетричних імпульсів з $Q = 2$ (а), трикутних імпульсів (б) та однополярних прямокутних імпульсів з $Q = 4$ (в)

Довжини вертикальних відрізків дорівнюють амплітудам відповідних гармонік. Ці відрізки називають спектральними лініями, а сам спектр – лінійчатим.

В загальному випадку спектр сигналу нескінчений тому що амплітуди гармонік при збільшенні їх номера (кутової частоти) зменшуються, починаючи з деякої гармоніки високочастотними коливаннями нехтують, обмежуючи спектр сигналу.

Величина інтервалу частот, в якому розміщується обмежений спектр, називається шириною спектру. Обмеження спектру проводять виходячи з припустимого спотворення сигналу так, щоб не втратити інформацію, яка міститься в ньому.

На рис. 4 показано, як формуються прямокутні імпульси (рис. 4, а) з окремих гармонік. Графіки першої і третьої гармонік та їх суми зображені на рис. 4, а. На рис. 4, б ця сума доповнена п'ятою гармонікою. Характерно, що прямокутні імпульси з шпаруватістю $Q = 2$ є парними відносно осі і містять тільки непарні гармоніки.

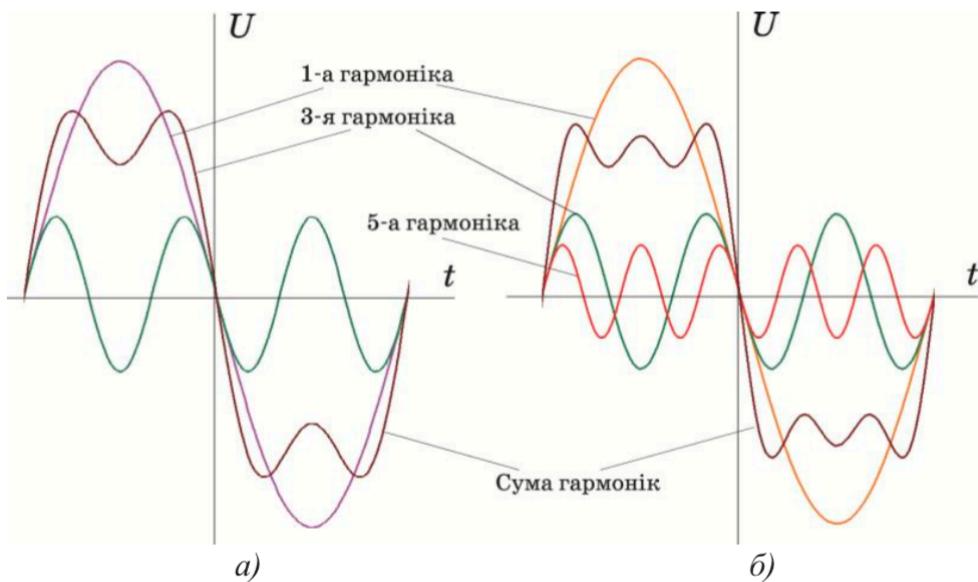


Рис. 4 Формування прямокутних імпульсів з першої (фіолетова) та третьої (зелена) гармонік (а), а також з додаванням п'ятої гармоніки (б)

Використання для гармонічного аналізу складних періодичних коливань ряду Фур’є в комбінації з принципом накладання 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 збіжність 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 (для прямокутної імпульсної послідовності достатньою є кількість гармонік, що дорівнює потроєному значенню шпаруватості).

2. Практична частина

Схема 1

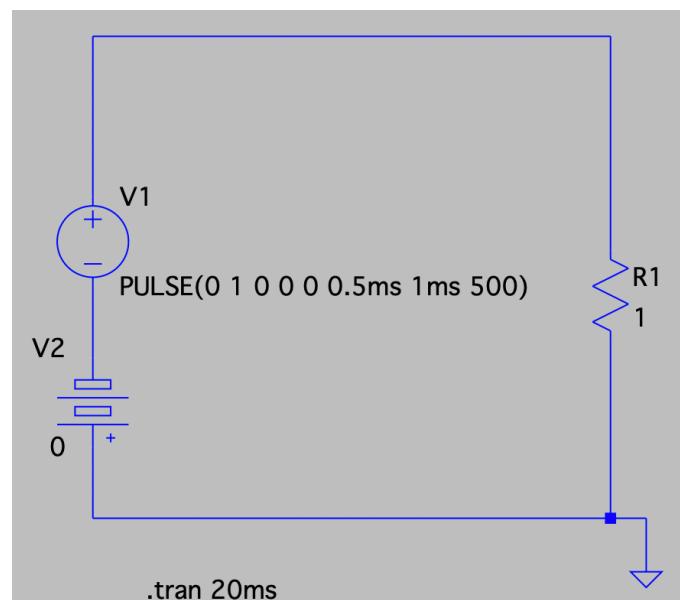


Рис. 5 Схема установки

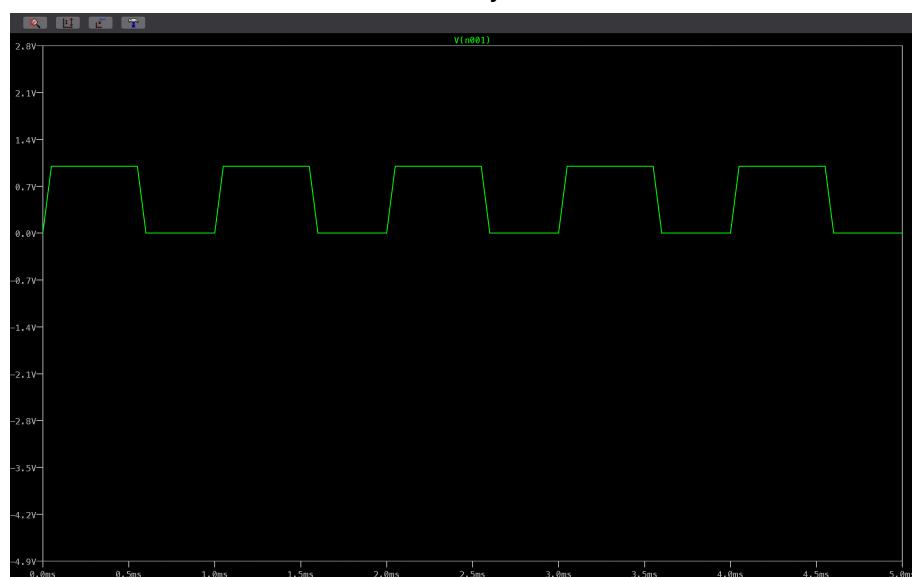


Рис. 6 АЧХ

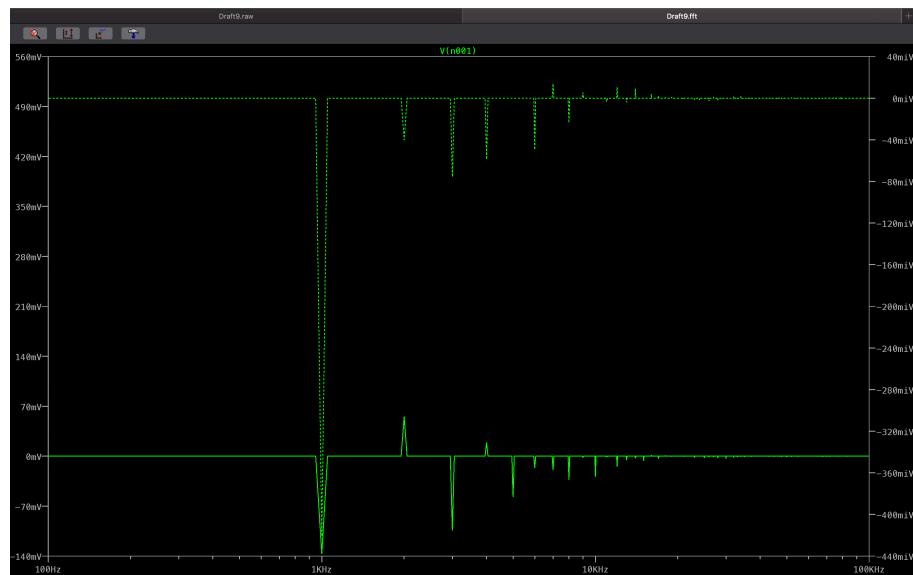


Рис. 7 Фур'є спектрограмма

Схема 2

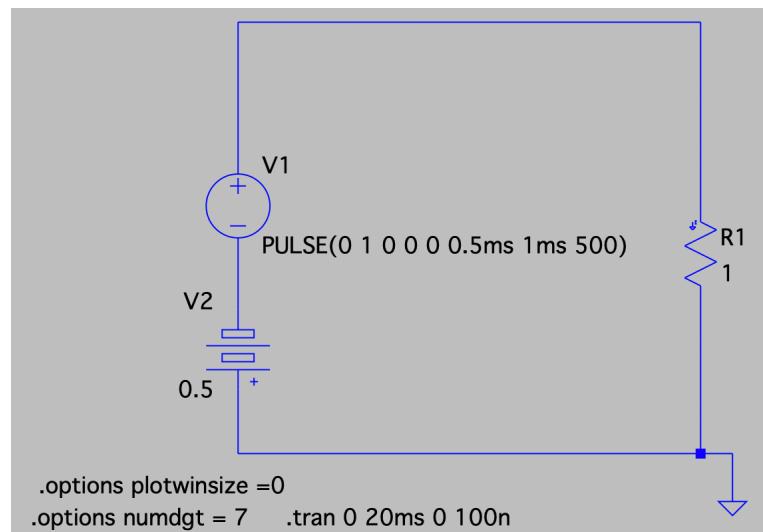


Рис. 8 Схема установки

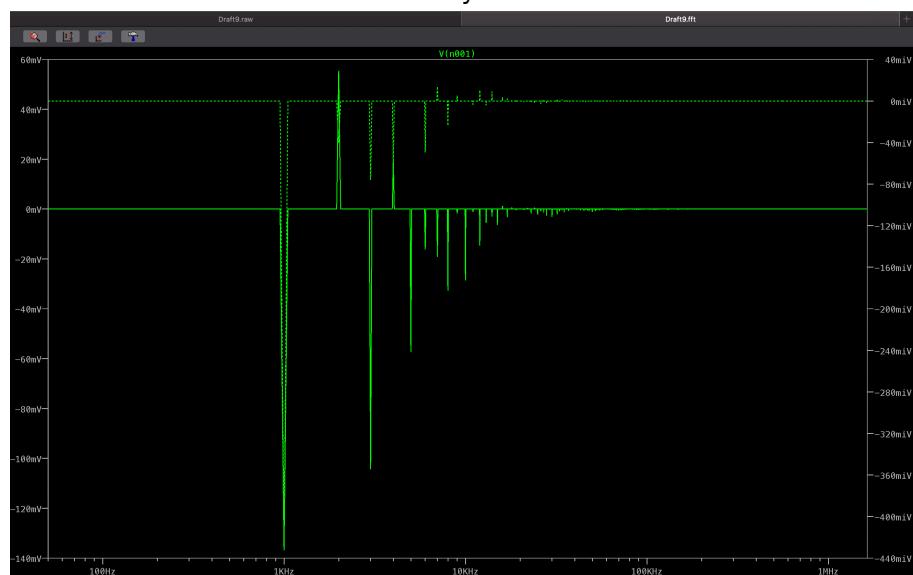


Рис. 9 Фур'є спектрограмма

Схема 3

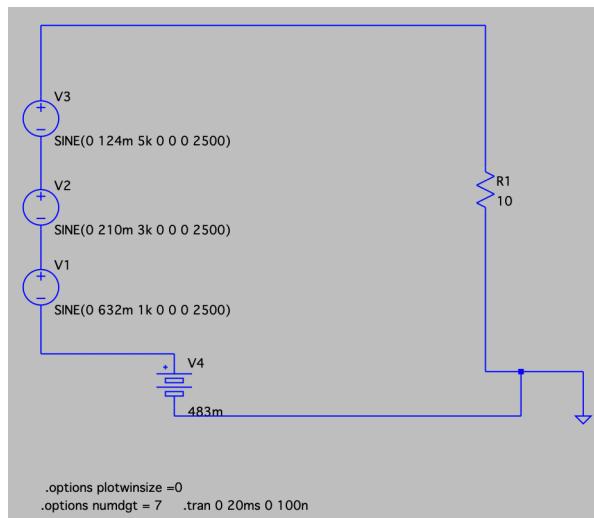


Рис. 10 Схема установки

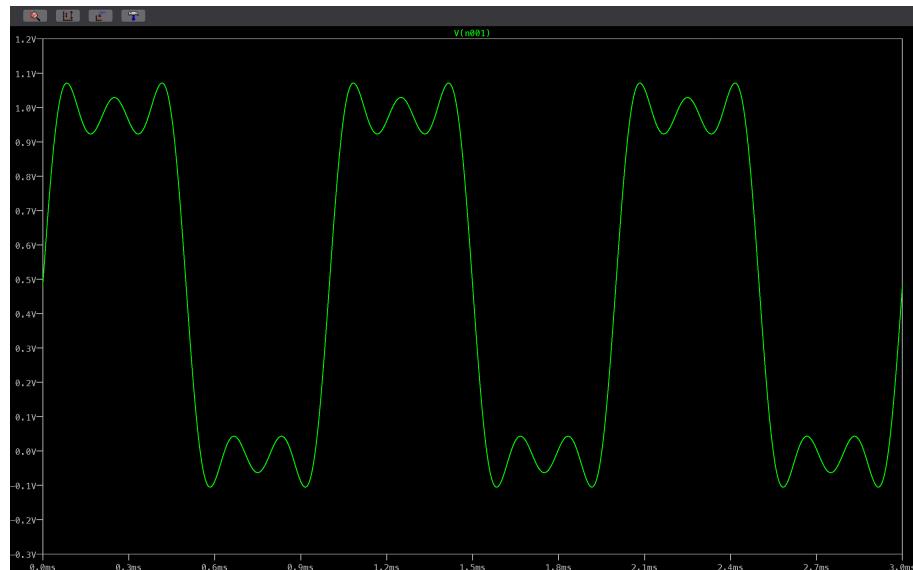
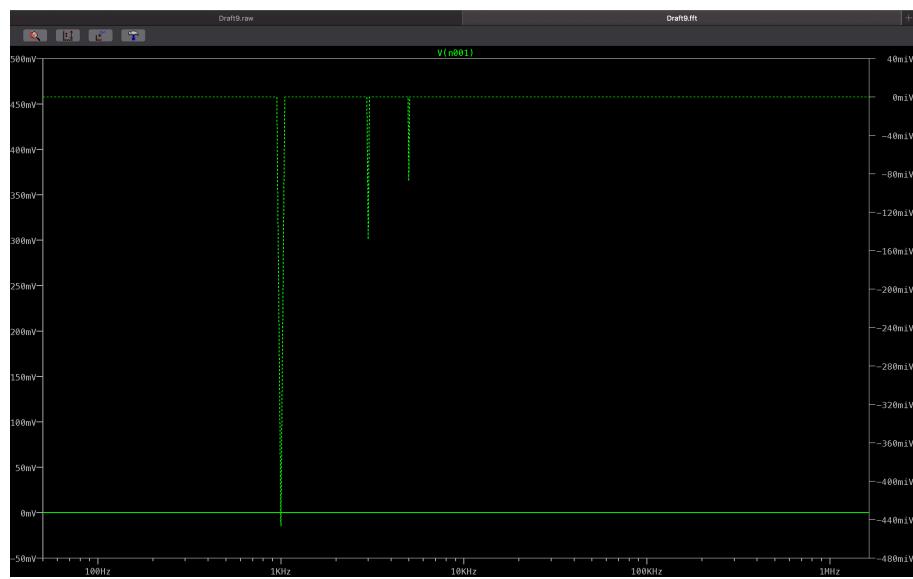


Рис. 11 АЧХ



10
Рис. 12 Фур'є спектрограмма

Висновки

У ході даної лабораторної роботи ми навчилися аналізувати сигнали за допомогою методу Фур'є, а також робити обернену операцію — синтезувати сигнал, скориставшись сумою декількох гармонік. Спочатку ми дослідили дві схеми з генератором прямокутних сигналів, різниця між якими полягала в тому, що друга схема зміщувала АЧХ з першої на 50% униз. Звідти ми побачили, що для генерації прямокутних сигналів, взвагалі 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 вибиралі відповідно до тих, які ми попередньо визначили та джерело певної постійної напруги (для гармоніки із нульовою частотою). Так для синтезу сигналу, який аналізували на схемі Рис. 7, склали схему, яка наведена на рис. 10. Для синтезу сигналу 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 Рис. 12. Результат синтезу чотирьох гармонік наведено на рис. 11. Видно, що форма синтезованого сигналу подібна до форми початкового сигналу. Ступінь подібності зростає з ростом кількості гармонік, які використовують для синтезування сигналу.

Список використаної літератури

1. Методичні вказівки до практикуму «Основи радіоелектроніки» для студентів фізичного факультету / Упоряд.
О.В.Слободянюк,
2. Ю.О. Мягченко, Ю.М. Дулич, А.В.Хачатрян “Вивчення радіоелектронних схем методом комп’ютерного моделювання” : Методичне видання. – К.: 2006.- с.
3. Є.З. Маланчук, В.В. Макаренко, В.М. Співак, Г. Г. Власюк, А.В. Рудик. Моделювання та аналіз цифрових схем. Підручник – Рівне: НУВГП, 2018. – 463 с.