

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФАКУЛЬТЕТ РАДІОФІЗИКИ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Кафедра радіотехніки та радіоелектронних систем

До захисту допущено:

«На правах рукопису»

Завідувач кафедри _____ Ігор АНІСІМОВ

19 грудня 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

«Програмний засіб для дослідження та аналізу соціальних мереж»

Виконав:

студент 2-го курсу магістратури
денної форми навчання
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка
ОПП «Захист інформації в телекомунікаціях»
Кошовий Володимир

Науковий керівник:

к.ф.-м. н., доц. Кельник Олександр Ігорович

Рецензент:

к.т.н., доц. Яковлев Сергій Володимирович

Засвідчую, що у цій магістерській роботі
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань

Студент _____

Робота допущена до захисту в ЕК рішенням кафедри радіотехніки та радіоелектронних систем від 19 грудня 2022 р., протокол № 9.

Завідувач кафедри радіотехніки та радіоелектронних систем,
доктор фіз.-мат. наук, професор
Анісімов Ігор Олексійович

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ОЛЯД ІСНУЮЧИХ ЗАСТОСУВАНЬ ГЕНЕРАТОРІВ ШУМУ...4	
1.1 Генератори шуму для вимірювальної НВЧ апаратури.....4	
1.2 Використання генераторів шуму в засобах захисту інформації.....5	
РОЗДІЛ 2. ГЕНЕРАТОР ШУМУ НА ОСНОВІ ХАОТИЧНОЇ ДИНАМІКИ..6	
2.1 Метод описової функції	6
2.2 Принцип роботи генератора шуму на основі хаотичної динаміки.....7	
2.3 Схема генератора шуму на основі хаотичної динаміки.....8	
2.4 Обґрунтування вибору програмного пакету для симуляції	9
2.5 Результати симуляції схеми генератора шуму.....10	
РОЗДІЛ 3. ПОКРАЩЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРА ШУМУ НА ОСНОВІ ХАОТИЧНОЇ ДИНАМІКИ.....13	
3.1 Фур'є аналіз.....13	
3.2 Центральна гранична теорема.....14	
3.3 Удосконалена схема генератора шуму.....15	
3.4 Результати симуляції удосконаленої схеми генератора шуму.....16	
ВИСНОВОК	18
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	19

ВСТУП

Генератор шуму – це пристрій, який створює спеціальні перешкоди у певному частотному діапазоні для того, щоб захистити інформаційні дані від несанкціонованого доступу.

Генератори шуму бувають двох видів, які відрізняються між собою перешкодами, що випромінюються. Синфазні завади, в основному, застосовуються щоб захистити комп'ютери і застосовують в якості сигналів імпульси випадково вибраних амплітуд, які мають збіги з формами та тривалістю імпульсів корисних сигналів. Системи білого шуму є найпоширенішими, оскільки випромінюють широкосмугові рівномірні сигнали і можуть використовуватися не тільки для безпеки комп'ютерів чи комп'ютерних мереж, але й великої кількості інших систем, зокрема телебачення, та іншого.

Мета даної роботи реалізація простої схеми генератора випадкових сигналів на основі хаотичної динаміки. Удосконалення схеми шляхом поєднання декількох таких генераторів. Експериментальна перевірка її працездатності та порівняння характеристик.

РОЗДІЛ 1

ОЛЯД ІСНУЮЧИХ ЗАСТОСУВАНЬ ГЕНЕРАТОРІВ ШУМУ

1.1 Генератори шуму для вимірювальної НВЧ апаратури

Однією з характеристик приймальної та вимірювальної апаратури НВЧ є чутливість. Проте таке поняття можна тлумачити по-різному. Одним із визначень поняття чутливості є межа розпізнавання сигналу, яка визначається власним шумом приймального пристрою. Саме межа чутливості, яку встановлюють шумові властивості вхідних електронних пристроїв, є принципово важливою.

Теорія та техніка вимірювання чутливості завжди розвивалася паралельно з розробкою самих підсилюючих пристроїв. Багато робіт присвячено знаходженню критеріїв і параметрів чутливості. Так, наприклад, параметр “коефіцієнт шуму” $K_{ш}$, запропонований ще в 40-х роках ХХ століття, уточнювали багато разів, при чому однозначного тлумачення не існує і досі.

При описі поведінки підсилювача в неузгодженому тракті одного поняття “коефіцієнт шуму” не достатньо. Необхідна система, яка складається з чотирьох параметрів, до складу яких входить також і коефіцієнт шуму. Для підсилювачів з дуже малими шумами більш доцільно використовувати не коефіцієнт шуму, а шумову температуру підсилювача T_y .

Найбільш поширений метод вимірювання шуму пов’язаний з порівнянням рівня власного шуму пристрою із сигналом генератора шуму, рівень вихідної потужності якого відомий.

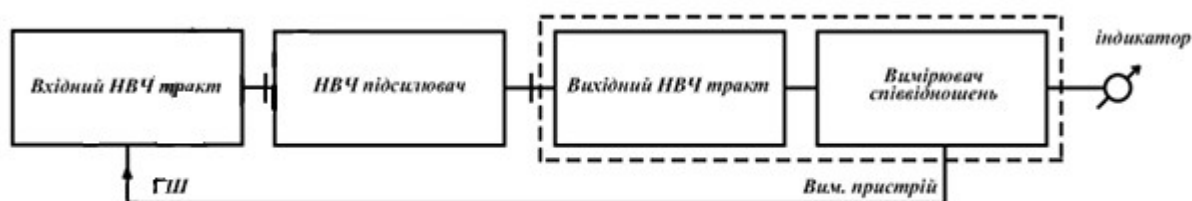


Рис. 1. Структурна схема пристрою для вимірювання коефіцієнту шуму.

Разом із розробкою засобів для визначення характеристик чутливості покращувалися і методи вимірювання. Сучасні пристрої для вимірювання коефіцієнту шуму є доволі складними вимірювальними системами, які використовують модуляційний метод вимірювання, цифрову обробку сигналів і сучасні досягнення техніки НВЧ. Це дозволяє безпосередньо визначати коефіцієнт шуму, відстежувати його змінами в процесі налаштування мікрохвильових пристроїв, і в деяких випадках автоматично керувати процесом налаштування. Створення засобів вимірювання шумових характеристик апаратури, зокрема коефіцієнту шуму потребує розробки різноманітних генераторів шуму НВЧ діапазону.

Існує декілька основних способів генерації шумових сигналів. Всі ці способи базуються на явищі нерегулярного руху заряджених частинок. Такий рух може відбуватися як в твердих тілах, так і в газоподібному середовищі.

Причинами нерегульованого руху іонів можуть виступати розряди у газах, тепловий рух при нагріванні твердого тіла, або лавинний пробій в напівпровіднику.

1.2 Використання генераторів шуму в засобах захисту інформації

У бездротових телекомунікаційних мережах використовують електромагнітні канали зв'язку різних діапазонів. Такі канали за своєю фізичною природою та експлуатаційними особливостями технічних засобів є досить небезпечними, що спричиняється наявністю у технічних засобах, які використовуються під час експлуатації, джерел завад та інших шкідливих сигналів. Насамперед до таких джерел відносять прилади, що перетворюють сигнали однієї фізичної природи в зміни сигналів іншої. Знання принципів такого перетворення дозволяє визначати можливі неконтрольовані прояви фізичних полів, що і створюють електромагнітні канали витоку інформації. Для захисту інформації під час її передачі та ліквідації зазначених каналів витоку часто використовують шумові генератори НВЧ діапазону.

РОЗДІЛ 2

ГЕНЕРАТОР ШУМУ НА ОСНОВІ ХАОТИЧНОЇ ДИНАМІКИ

2.1 Метод описової функції

Розглянемо зворотний зв'язок навколо розривної (але частково безперервної) нелінійності (наприклад, підсилювача з насиченням або елемента з ефектами зони нечутливості), каскадованої з повільною стабільною лінійною системою. Безперервна область, в якій зворотний зв'язок представлений до нелінійності, залежить від амплітуди вихідного сигналу лінійної системи. Коли вихідна амплітуда лінійної системи зменшується, нелінійність може переходити в іншу неперервну область. Це перемикання з однієї безперервної області на іншу може генерувати періодичні коливання. Метод функції опису намагається передбачити характеристики цих коливань (наприклад, їхню основну частоту), припускаючи, що повільна система діє як фільтр низьких частот або смуговий фільтр, який концентрує всю енергію навколо однієї частоти. Навіть якщо вихідна форма хвилі має кілька режимів, метод все одно може дати уявлення щодо таких властивостей, як частота та, можливо, амплітуда; в цьому випадку метод функції опису можна розглядати як опис ковзного режиму системи зворотного зв'язку.

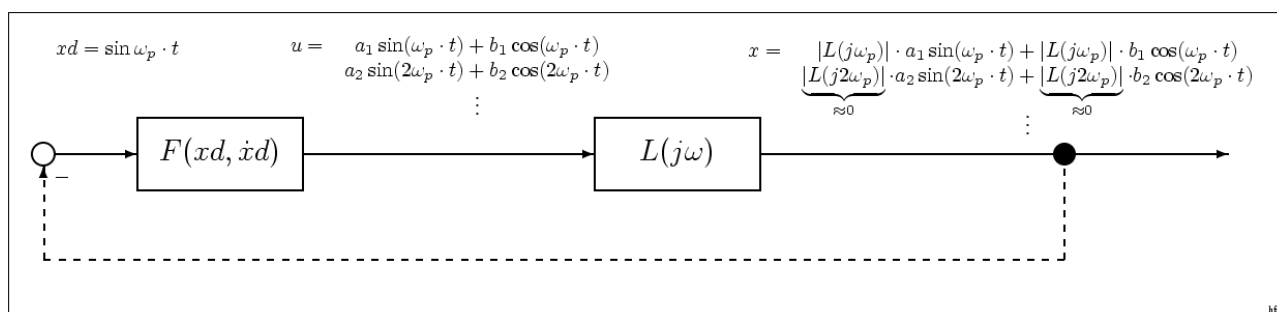


Рис. 2. Нелінійна система в стані гармонійної рівноваги

Використовуючи це припущення про низькі частоти, реакцію системи можна описати однією з сімейства синусоїдальних форм хвилі; у цьому випадку

система буде характеризуватися функцією опису синусового входу $H(A, j\omega)$, яка дає відповідь системі на вхід, що складається з синусоїда з амплітудою A і частотою ω . Ця функція опису синусового входу є модифікацією функції передачі $H(j\omega)$, яка використовується для характеристики лінійних систем. У квазілінійній системі, коли на вході є синусоїда, на виході буде синусоїда тієї самої частоти, але з масштабованою амплітудою та зміщеною фазою, як задано $H(A, j\omega)$. Багато систем приблизно квазілінійні в тому сенсі, що хоча відповідь на синусоїду не є чистою синусоїдою, більша частина енергії на виході справді має ту саму частоту ω , що й вхід. Це пояснюється тим, що такі системи можуть володіти властивими низькочастотними або смуговими характеристиками, що гармоніки природно послаблюються, або тому, що для цієї мети додаються зовнішні фільтри. Важливим застосуванням методу функції опису синусового входу є оцінка амплітуди коливань у синусоїдальних електронних осциляторах.

2.2 Принцип роботи генератора шуму на основі хаотичної динаміки

Генератор випадкових сигналів можна інтерпретувати як осцилятор, який генерує не періодичний сигнал, а випадковий. Це включає в себе хаотичні осцилюючі системи. Багато схем хаотичних осциляторів було запропоновано нещодавно. Конструкція цих схем базується на теорії хаотичних динамічних моделей. Крім того, деякі хаотичні осцилятори занадто складні для реалізації оскільки деякі з них використовують помножувачі аналогового сигналу. З іншого боку, теорія описової функції для передбачення коливань у динамічній системі також може запропонувати варіант розробки генераторів випадкових сигналів. Крім того, результуюча схема проста і легка для побудови. Згідно з результатами експерименту, ця схема демонструє бажану поведінку.

Як зазначалося раніше, аналіз функції опису є добре відомою математичною основою для прогнозування поведінки коливань нелінійної системи. По суті, якщо нелінійну систему можна представити, як показано на малюнку 1, тоді буде спостерігатися коливальний вихід, якщо підтверджуються наступні припущення:

1. Нелінійний елемент є одиничним елементом.
2. Нелінійний елемент є незмінним у часі.
3. Лінійна система має обмежену частотну характеристику.

Іншими словами, коливальний сигнал буде представлений на виході системи на малюнку 1, якщо нелінійний елемент представляє насичення, а лінійна система є свого роду фільтром низьких частот. Наприклад, операційні підсилювачі та транзистори, що працюють від джерела постійного струму, мають насичення та мають обмежену смугу частот. Отже, ці електронні елементи задовольняють деякі з попередніх цитованих припущень.

2.3 Схема генератора шуму на основі хаотичної динаміки

Базуючись на представленні функції опису в попередньому пункті, ми пропонуємо електричну схему, наведену на рисунку 3.

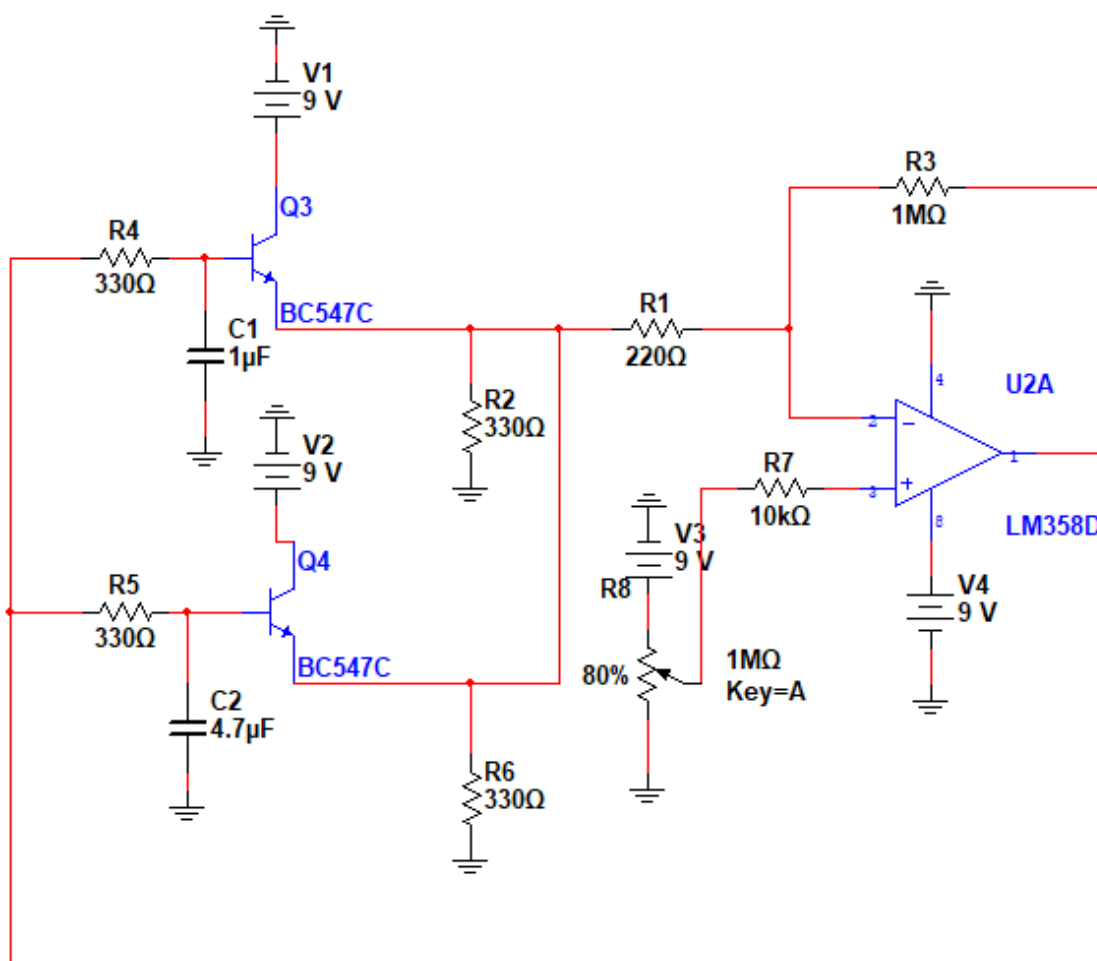


Рис. 3. Схема генератора шуму.

Отже, у цій схемі ми маємо:

1. Операційний підсилювач LM358D забезпечує необхідний негативний зворотний зв'язок для решти електронної системи. Крім того, цей підсилювач також має обмежену частотну характеристику.
2. Транзистори BC457C мають необхідний ефект насичення. Вони також змішують сигнал зворотного зв'язку від операційного підсилювача та керуються конденсаторами C1 та C2.
3. Потенціометр R8, підключений до операційного підсилювача, використовується для налаштування схеми. Цей потенціометр вводить компонент постійного струму у вихідний сигнал операційного підсилювача, щоб подолати одну полярність джерела живлення постійного струму. Як наслідок цього, вихідна характеристика схеми пов'язана з цим параметром.

2.4 Обґрунтування вибору програмного пакету

NI Multisim являє собою програму для розробки, побудови та симуляції електронних схем, а також розводки друкованих плат. Її головні переваги – це простий наглядний інтерфейс, потужні засоби графічного аналізу результатів моделювання, наявність вимірювальних пристроїв, що аналогічні реальним. Бібліотека радіотехнічних елементів містить більш ніж 2000 компонентів світових виробників, що дозволяє оптимально обирати компоненти майбутньої схеми.

Multisim належить до так званих SPICE-подібних програм яким властива максимальна точність та достовірність. З англійської аббревіатура SPICE перекладається як імітаційна програма з вбудованим виразом кола. Принцип її роботи полягає в машинному складанні звичайної системи диференціальних рівнянь електричного кола та вирішення їх. Тут використовується чисельні методи Рунге-Кутти або метод Гіра для інтегрування системи диференціальних

рівнянь, метод Ньютона-Рафсона для лінеаризації для системи нелінійних алгебраїчних рівнянь та метод Гауса для вирішення для вирішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Модифікації цих методів спрямовані на те щоб покращити збіжність та обчислювальної ефективності без спрощення вихідної задачі.

2.5. Результати симуляції схеми генератора шуму

У цьому розділі відображаються експериментальні результати реалізації нашої електронної схеми з генерації випадкового сигналу. Для цього була виконана симуляція схеми в програмному середовищі NI Multisim.

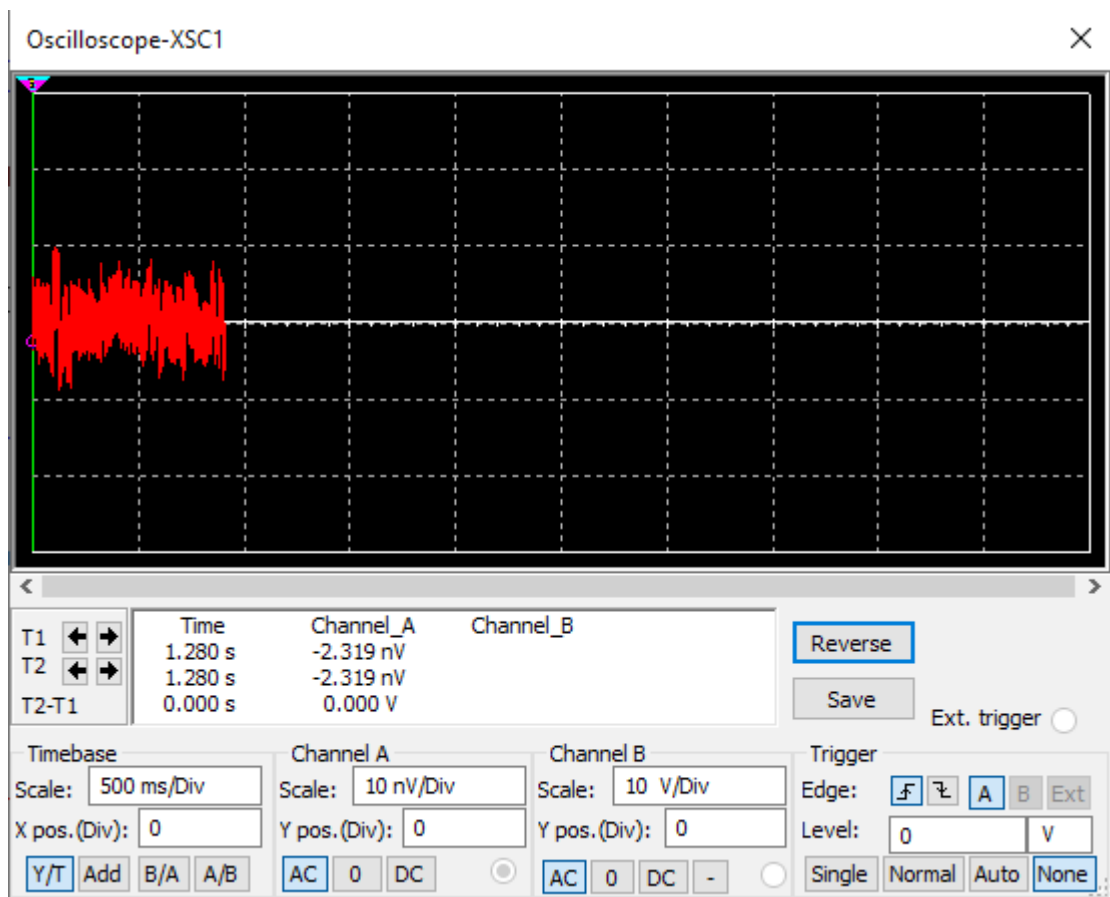
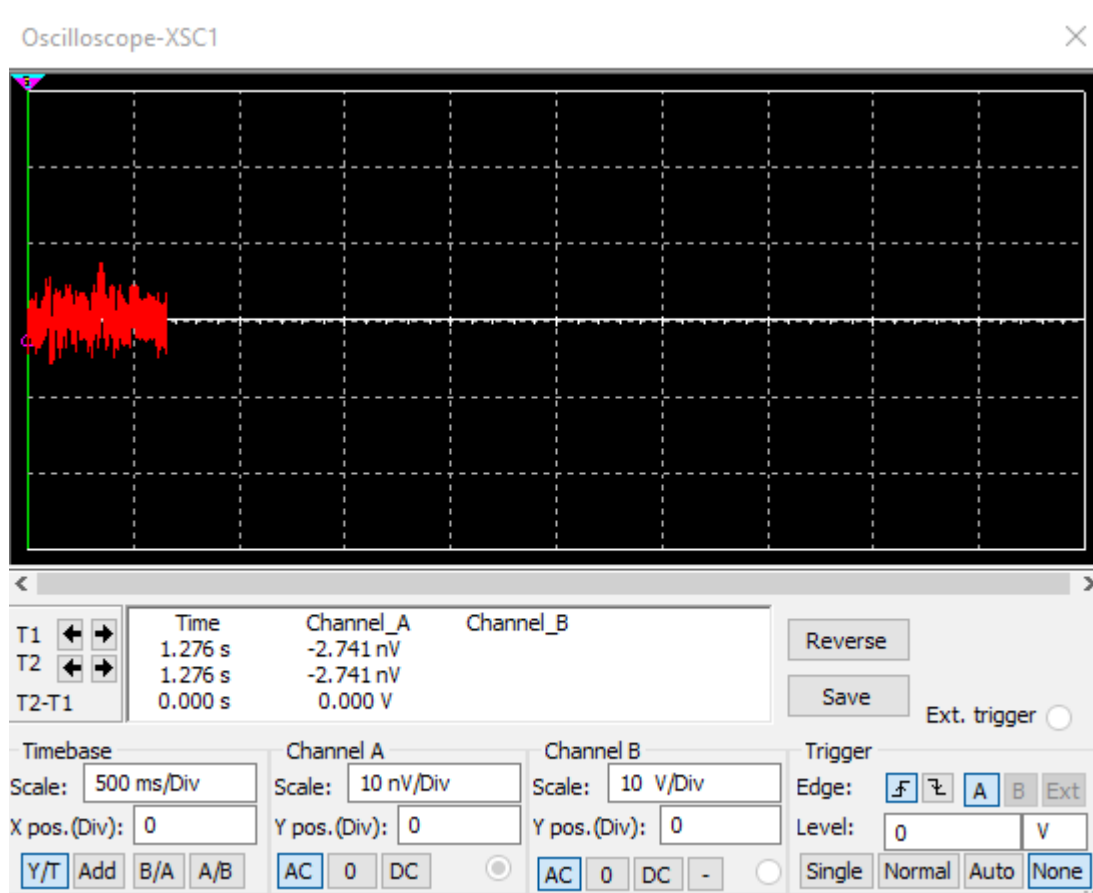
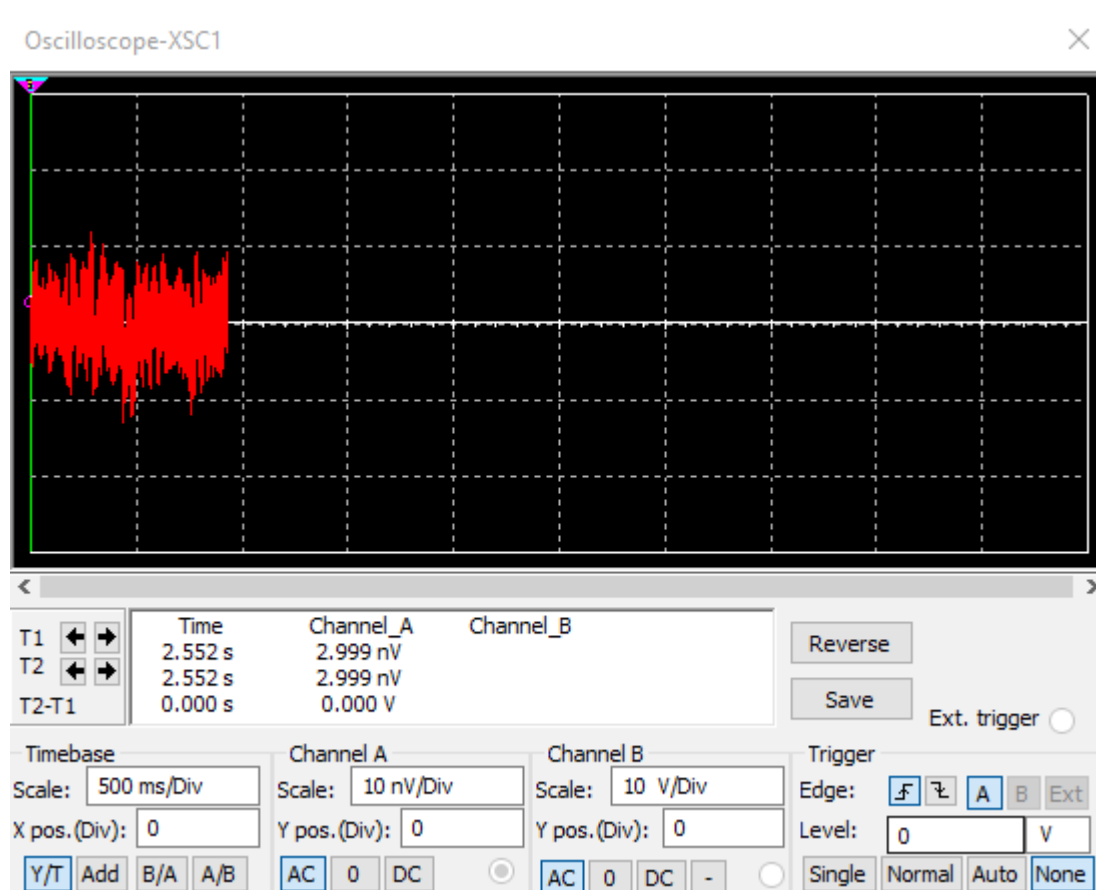
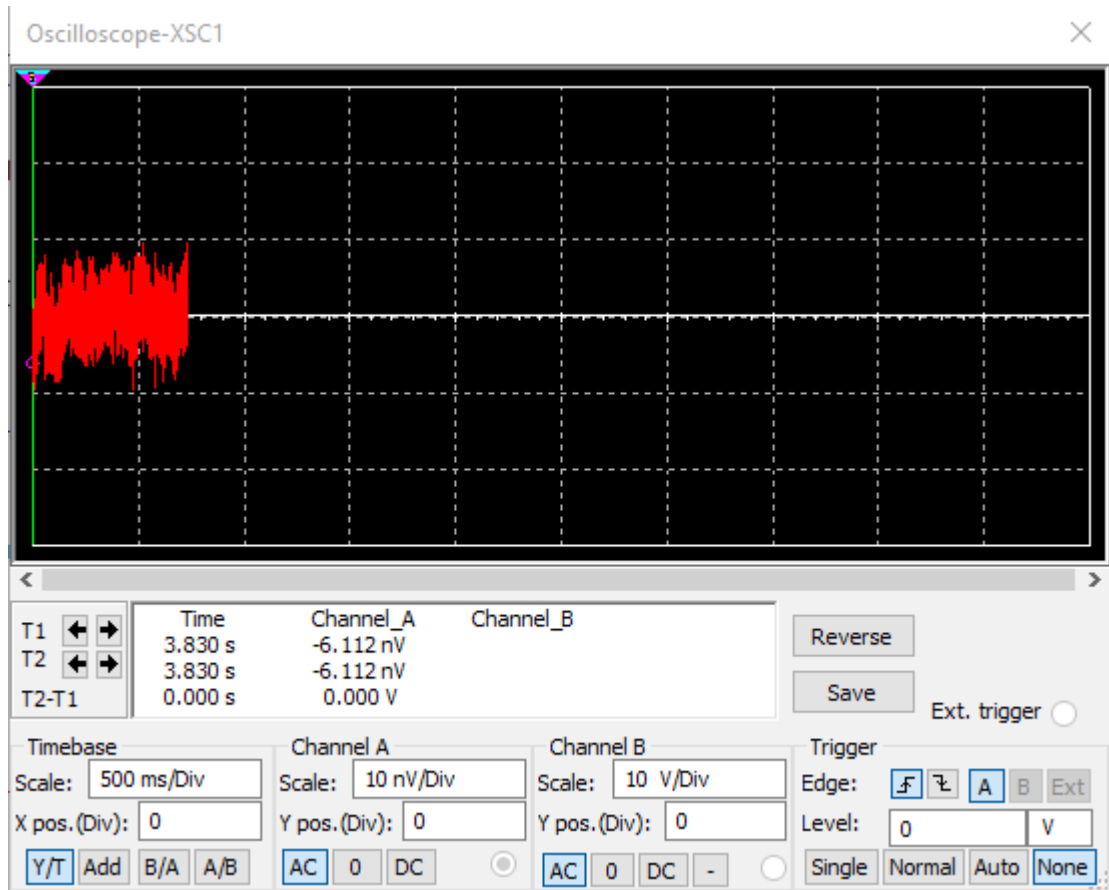


Рис. 4. $V_m=0.903V$

Рис. 5. $V_m=1.81B$ Рис. 6. $V_m=3.61B$

Рис. 7. $V_m=5.41B$

Сигнал відгуку на виході елемента операційного підсилювача вимірюється за допомогою осцилографа. Таким чином, набір зразків сигналу реєструється зміною потенціометра в схемі, показаній на рисунку 2. Отже, напруга, що генерується цим потенціометром на його центральному висновку, і тут названа як V_m , зчитується, щоб позначити дію потенціометра для кожного вихідного результату та представлено на малюнках 4–7. Для кожного малюнка є відповідний сигнал.

РОЗДІЛ 3

ПОКРАЩЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРА ШУМУ НА ОСНОВІ ХАОТИЧНОЇ ДИНАМІКИ

3.1 Фур'є аналіз

Для визначення статистичних характеристик генератора шуму буде використано функціонал NI Multisim у вигляді аналізу Фур'є. Аналіз Фур'є – це метод аналізу складних періодичних форм сигналу. Це дозволяє будь-яку функцію несинусоїдального періоду розділити на синусоїду або косинусоїду та постійну складову. Це дозволяє провести подальший аналіз і визначити ефект поєднання форми сигналу з іншими сигналами.

Враховуючи математичну теорему про ряд Фур'є, функцію періоду $f(t)$ можна записати наступним чином:

$$f(t) = A_0 + A_1 \cos \omega t + A_2 \cos 2\omega t + \dots + B_1 \sin \omega t + B_2 \sin 2\omega t + \dots$$

Де:

A_0 —компонент постійного струму вихідної хвилі

$A_1 \cos \omega t$ $B_1 \sin \omega t$ —основний компонент (має ту саму частоту та період,

що й вихідна хвиля)

$A_n \cos n\omega t$ $B_n \sin n\omega t$ —n-та гармоніка функції

Кожна частотна складова (або частина) відгуку створюється відповідною гармонікою хвилі періодичної форми. Кожен термін розглядається як окреме джерело. Відповідно до принципу суперпозиції, загальний відгук є сумою відгуків, створених кожним терміном. Амплітуда гармонік поступово

зменшується зі збільшенням порядку гармонік. Це вказує на те, що порівняно небагато членів дають гарне наближення.

Коли Multisim виконує обчислення дискретного перетворення Фур'є (ДПФ), використовується лише другий цикл основного компонента часової області або перехідної характеристики. Перший цикл відкидають на час відстоювання. Коефіцієнт кожної гармоніки обчислюється на основі даних, зібраних у часовій області, від початку циклу до моменту часу «t». Це встановлюється автоматично і є функцією основної частоти. Для цього аналізу необхідна основна частота, яка відповідає частоті джерела змінного струму або найменшому спільному коефіцієнту кількох джерел змінного струму.

3.2 Центральна гранична теорема

Шум — це випадковий сигнал, він складається з частот, що випадкові як за амплітудою так і за фазою. Хоч і середньоквадратичне значення можна виміряти, точна амплітуда в конкретний момент часу не може бути передбачена. Але те наскільки випадковим є шум можна передбачити. Більшість шумів мають нормальний розподіл значень миттєвих амплітуд по часу.

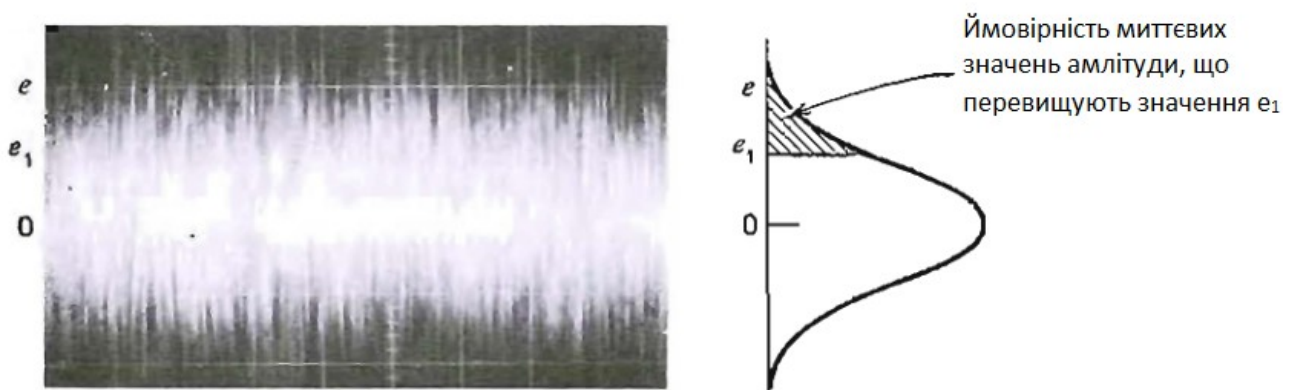


Рис.8. Сигнал шуму та гаусовий розподіл його амплітуд

Центральна гранична теорема — теорема теорії ймовірностей про збіжність розподілу суми незалежних однаково розподілених випадкових

величин до нормального розподілу. Центральна гранична теорема стверджує, що сума деякої кількості незалежних і однаково розподілених випадкових величин із скінченною дисперсією буде прямувати до нормального розподілу із збільшенням кількості цих величин. Оскільки шумовий сигнал на виході генератора має розподіл близький до нормального, тоді якщо об'єднати декілька таких генераторів за допомогою аналогового суматора то результуючий сигнал повинен мати кращі статистичні характеристики.

3.3 Удосконалена схема генератора шуму

Центральна гранична теорема стверджує, що сума деякої кількості незалежних і однаково розподілених випадкових величин із скінченною дисперсією буде прямувати до нормального розподілу із збільшенням кількості цих величин. Оскільки шумовий сигнал на виході генератора має розподіл близький до нормального, тоді якщо об'єднати декілька таких генераторів за допомогою аналогового суматора то результуючий сигнал повинен мати кращі статистичні характеристики.

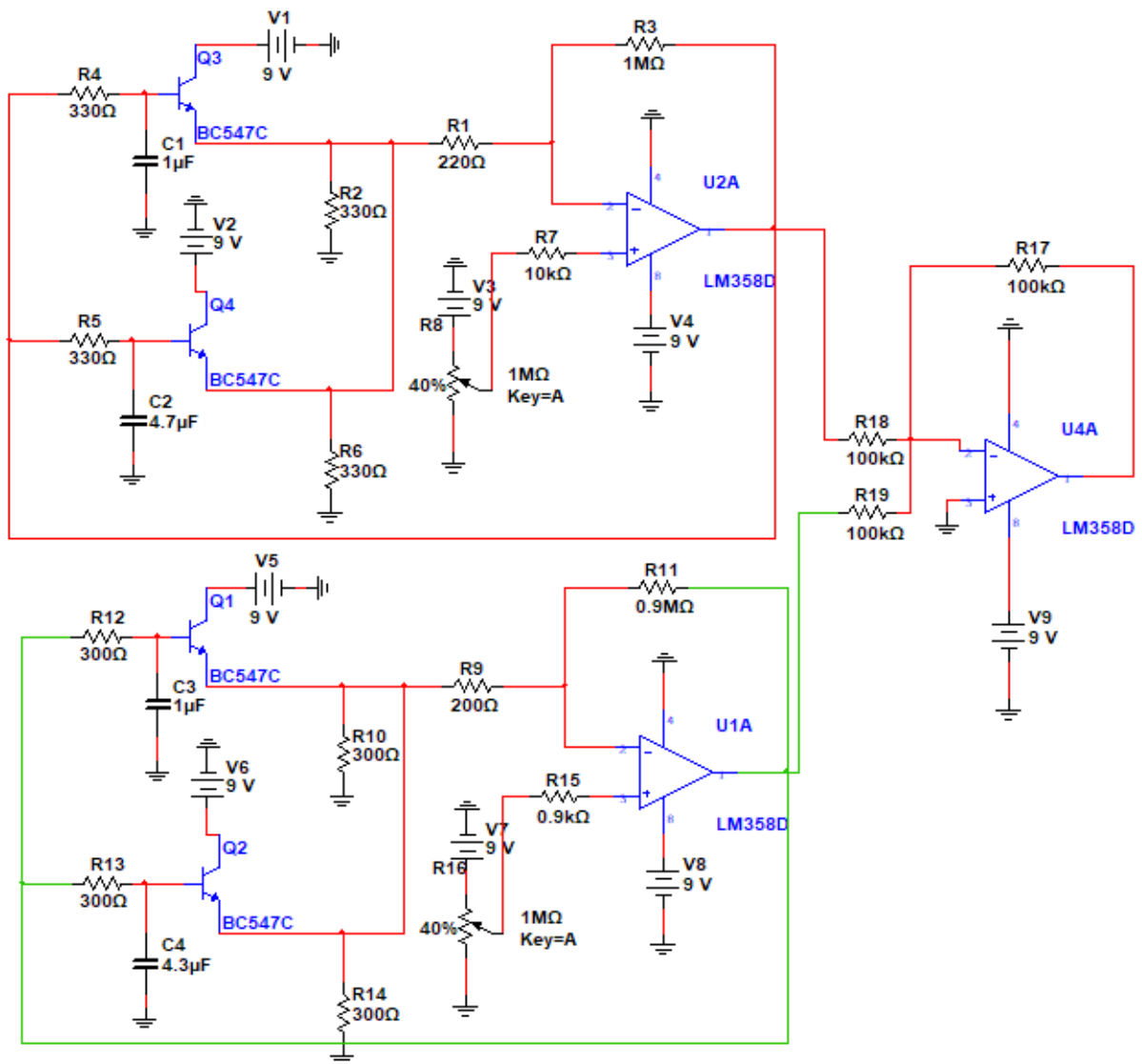


Рис. 9. Удосконалена схема генератора шуму

Для перевірки цього було об'єднано два таких генератори за допомогою аналогового суматора та отримана схема зображена на рис. 9.

3.4 Результати симуляції удосконаленої схеми генератора шуму

У частотному Фур'є аналізі, який часто використовується при обробці сигналів, білий шум являє собою однорідну суміш випадкової енергії на кожній частоті. Для дослідження статистичних характеристик обох схем була використана вбудована в NI Multisim функція симуляції Fourier Analyses.

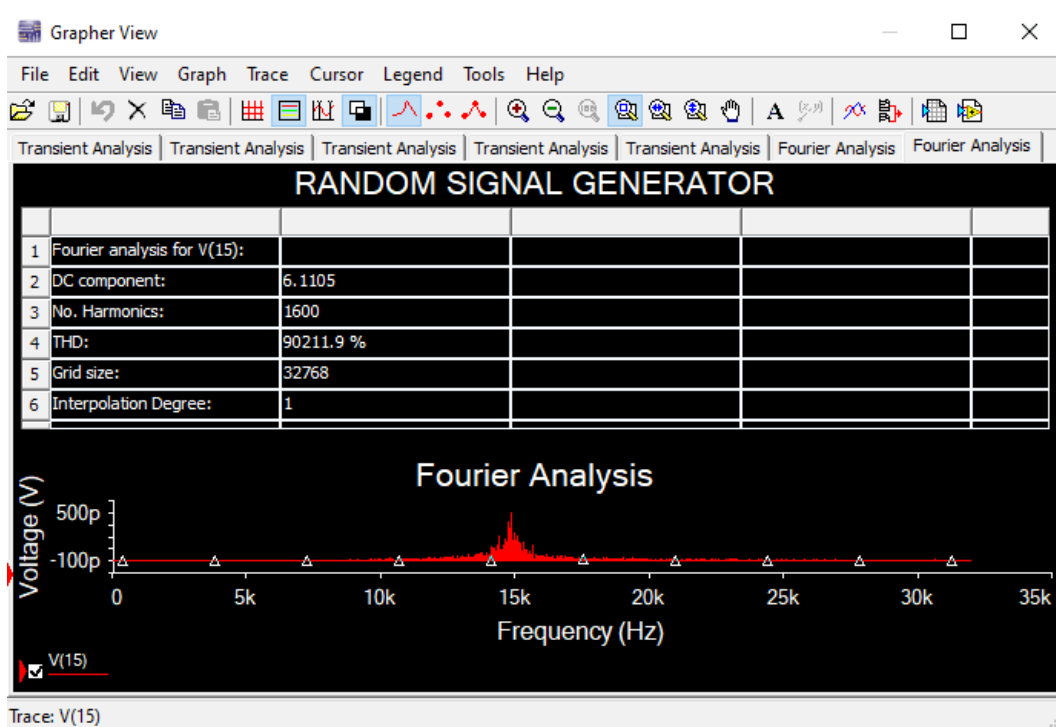


Рис. 10. Фур'є аналіз початкової схеми генератора

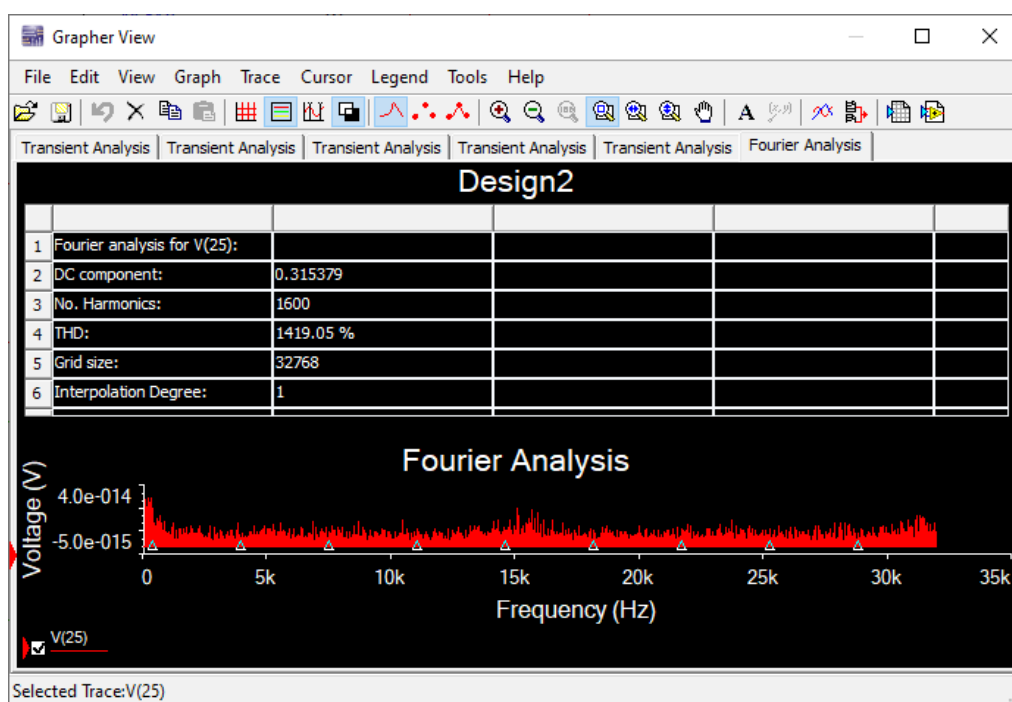


Рис. 11. Фур'є аналіз удосконаленої схеми генератора

На рис. 10 та 11 зображено Фур'є аналіз сигналів початкової схеми генератора та удосконаленої відповідно. З них видно, що сигнал удосконаленої схеми генератора більш наближений до сигналу білого шуму.

ВИСНОВОК

Було розглянуто простий і недорогий дизайн електронної схеми для створення випадкового сигналу. Запропоновано спосіб удосконалення схеми для покращення її статистичних характеристик, для того щоб вихідний сигнал був більш наближеним до білого шуму. За допомогою програмного середовища NI Multisim було просимульовано обидва варіанти схеми генератора та проведено Фур'є аналіз вихідних сигналів. Порівняння Фур'є аналізів підтвердило, що сигнал удосконаленої схеми більш наближений до білого шуму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A random signal generator by using analog electronics, June 2021 Cybernetics and Physics 10(Volume 10, 2021, Number 1):5-8
2. Motchenbacher, C. D.; Fitchen, F. C. (1973), *Low-Noise Electronic Design*, John Wiley & Sons
3. Keysight, *Fundamentals of RF and Microwave Noise Figure Measurements*, Application Note, 57-1, Published September 01, 2019.
4. Vyacheslav Tuzlukov (2010), *Signal Processing Noise*, Electrical Engineering and Applied Signal Processing Series, CRC Press. 688 pages.
5. Anthony Peyton, Vincent Walsh, *Analog Electronics with Op-amps: A Source Book of Practical Circuits*, Cambridge University Press; 1st edition (August 27, 1993) 296 pages