

Вимірювальний генератор детермінованого хаосу для засобів контролю

Цон А.В.

Науковий керівник: д.т.н., проф. Кулаков П.І.

Актуальність теми.

Детермінований хаос являє собою надзвичайно поширене та різноманітне явище, що полягає у появі в нелінійних динамічних систем (НДС) неперіодичних процесів з неперервним спектром потужності .

Відкриття Е. Лоренцом явища динамічного хаосу і його подальші дослідження стали справжньою науковою революцією наприкінці ХХ століття. Це привернуло увагу фахівців з різних галузей знань своєю елегантністю, широким поширенням у природних та штучних процесах, відносною простотою динамічних математичних моделей, на яких його можна досліджувати чисельним шляхом.

Перспективи застосування сигналів детермінованого хаосу пов'язані, у першу чергу, із широкосмуговістю таких сигналів, але перевагою сигналів детермінованого хаосу є не лише широкосмуговість спектру, але і можливість досягнення цієї широкосмуговості для значної тривалості. Тобто генератор детермінованого хаосу створює сигнал із високою інформаційною насиченістю, що органічно єднає його із процесами вимірювання та контролю.

Метою роботи є розробка вимірювального генератора детермінованого хаосу для засобів контролю.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз існуючих методів та засобів реалізації генераторів детермінованого хаосу;
- дослідити особливості роботи генераторів детермінованого хаосу для використання у вимірювальних каналах;
- обґрунтувати доцільність використання генераторів детермінованого хаосу у приладах контролю фізичних величин;
- розробити схему генератора детермінованого хаосу за схемою Колпитця;
- розробити комп'ютерну модель генератора детермінованого хаосу з електричним керуванням.

Об'єктом дослідження є процеси генерування та формування сигналів детермінованого хаосу в генераторі за схемою Колпитця.

Наукова новизна отриманих результатів. В магістерській кваліфікаційній роботі розроблено схему генератора детермінованого хаосу за схемою Колпитця керованого напругою.

Розробка вимірювальних пристроїв на основі методу генератора детермінованого хаосу

Використання динамічних хаотичних систем дає можливість створити вимірювальні пристрої, які мають унікальні властивості детермінованого хаосу.

Однією з головних властивостей хаотичної системи є структурна стійкість атратора такої системи при високій чутливості хаотичного процесу до параметрів системи. Швидкість зміни хаотичного процесу при зміні параметра системи оцінюється, як експоненціальна.

Ця властивість дозволяє значно збільшити чутливість метода вимірювання при використанні в якості вимірювальних схем нелінійних генераторів хаотичних коливань.

Друга фундаментальна властивість хаотичних систем – висока чутливість до варіацій початкових умов – дозволяє прогнозувати сталі значення параметра нелінійних хаотичних систем на початковій ділянці траєкторії хаотичного процесу (при наявності двох траєкторій: з “збуреними” і “не збуреними” початковими умовами). Таким чином, чутливість такого вимірювального пристрою практично не буде залежати від розрядності АЦП, а його динамічні характеристики – від частоти дискретизації.

Найпростіша структурна схема вимірювального пристрою на базі генератора хаотичних коливань (рис. 1), складається з двох частин: нелінійної вимірювальної схеми, до якої підключений датчик вимірювальної фізичної величини, і обробляючого обчислювального пристрою.

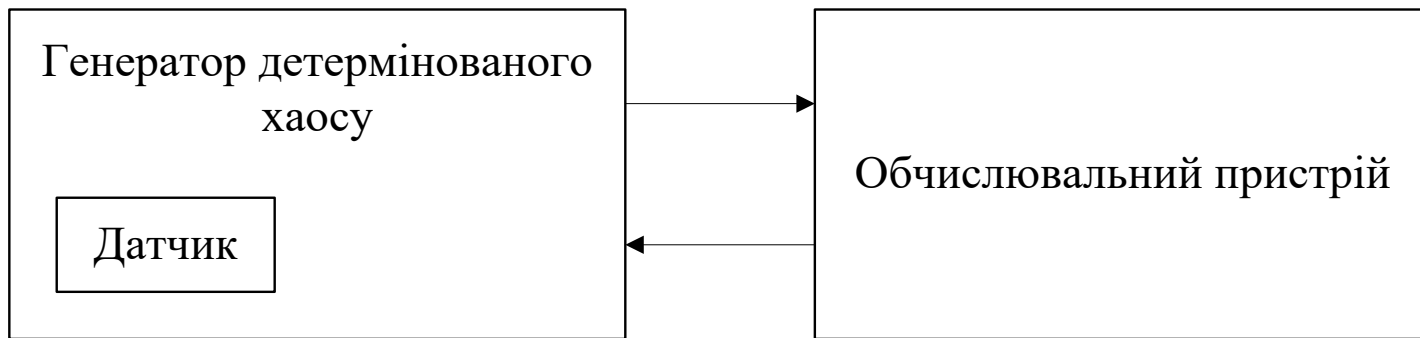


Рисунок 1 – Структурна схема вимірювального пристрою на базі метода генератора детермінованого хаосу

Так схема вимірювального пристрою дозволяє здійснити варіант метода генератора детермінованого хаосу, оснований на властивості структурної стійкості атрактора хаотичної системи.

Датчик вимірювальної фізичної величини підключається до вимірювальної схеми генератора детермінованого хаосу таким чином, щоб його вихідна величина змінювала свій один з параметрів нелінійної хаотичної схеми. З неї дискретизований і оцифрований хаотичний сигнал поступає на вхід обчислювального пристрою, де визначається відхилення параметра вимірювального генератора і на основі закладеної градуйованої характеристики обчислюється значення вимірювальної фізичної величини.

Таким чином, принципово новою частиною вимірювального пристрою, який реалізує метод генератора детермінованого хаосу, є нелінійна вимірювальна схема в режимі хаотичних коливань. Тому вивчення складних явищ, які виникають в електронних колах, які відповідають умовам виникнення в них хаотичних коливань, являє собою велике поле діяльності, як для практичної метрології, так і її наукових основ.

При виборі практичної реалізації генератора детермінованого хаосу враховувався ряд обставин, а саме: простота реалізації, наявність діапазону зміни параметрів, які забезпечують хаотичний режим, наявність математичної моделі, яка дозволяє достатньо просто моделювати хаотичний процес.

РОЗРОБКА ГЕНЕРАТОРУ ДЕТЕРМІНОВАНОГО ХАОСУ ЗА СХЕМОЮ КОЛПИТЦЯ

Найбільш поширеним і добре дослідженим транзисторним генератором детермінованого хаосу є осцилятор Колпитця. Розрізняють дві основні схеми генератору Колпитця – із симетричним живленням (рис. 2) і несиметричним живленням (рис. 3). Основна частота генерованого сигналу визначається параметрами реактивних елементів схеми генератора Колпитця

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$$

Рівняння Кірхгофа для схеми генератора Колпитця із симетричним живленням мають вигляд

$$\begin{cases} C_1 \frac{dV_{CE}}{dt} = I_L - I_C, \\ C_2 \frac{dV_{BE}}{dt} = -\left(\frac{V_E + V_{BE}}{R_E} + I_L + I_B \right), \\ L \frac{dI_L}{dt} = V_C - V_{CE} + V_{BE} - I_L R_L, \end{cases}$$

де V_{CE} , V_{BE} - напруги колектор емітер і база-емітер;
 I_L , I_C , I_B - струми індуктивності, колектора і бази.

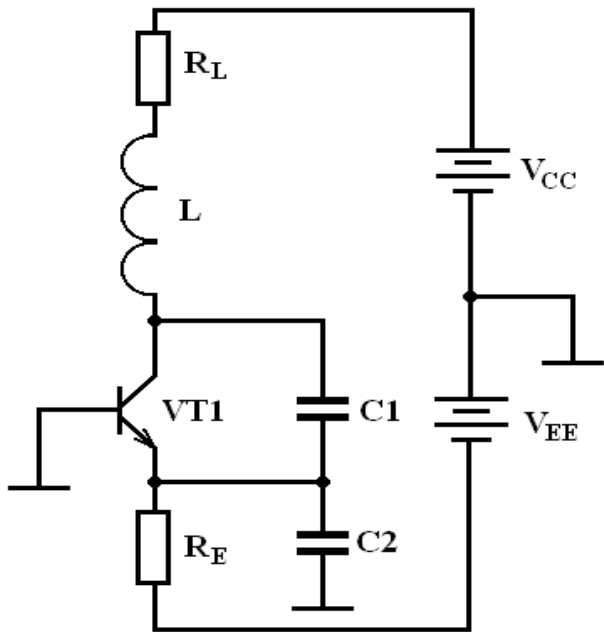


Рисунок 2 – Електрична схема генератора Колпітця із симетричним живленням

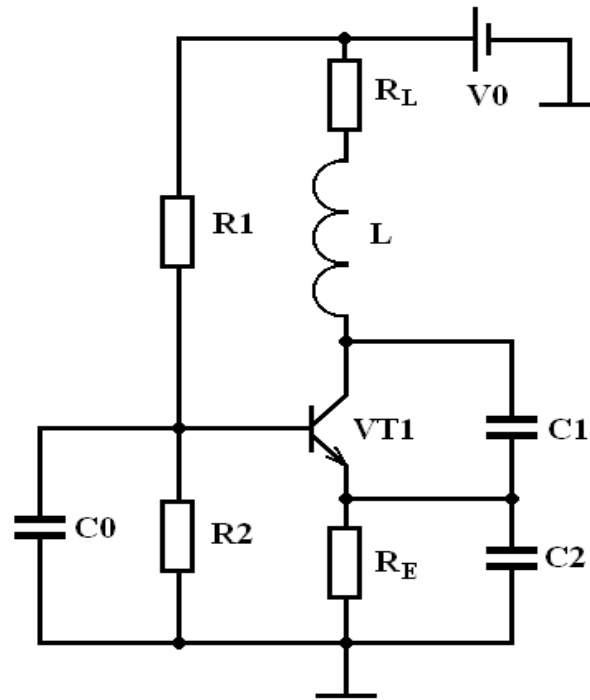


Рисунок 3 – Електрична схема генератора Колпітця із несиметричним живленням

На низьких частотах дослідження біполярного транзистора проводять за допомогою його сімейства вольт-амперних характеристик. У режимі великого сигналу модель біполярного транзистора зводять до вигляду двосегментного кусково-лінійного резистора, який керується напругою, і лінійного джерела струму, який керується струмом, вигляду

$$I_B = \begin{cases} 0, & \text{if } V_{BE} \leq V_0, \\ (V_{BE} - V_0)/R_1, & \text{if } V_{BE} > V_0, \end{cases}$$

$$I_C = \beta I_B,$$

де V_0 - порогова напруга емітерного р-п переходу; R_1 - опір емітерного р-п переходу в режимі малого сигналу; β - коефіцієнт підсилення біполярного транзистора по струму.

Основним недоліком схеми хаотичного генератору Колпитця з несиметричним живленням є суттєвий вплив паразитної ємності на параметри генерованих коливань.

Зменшити вплив паразитних ємностей колекторного та емітерного переходів біполярного транзистору, а також вплив паразитних ємностей компонентів схеми можна використавши диференціальний каскад як активний елемент автогенератору за схемою Колпитця.

Схема такого хаотичного автогенератору представлена на рис. 4. Диференціальний каскад активного елементу значно розширює його функціональні можливості – отримання прямого та інверсного хаотичного сигналів.

Іншою суттєвою перевагою є підвищення стабільності генерованого сигналу за рахунок компенсації відхилень параметрів елементів схеми.

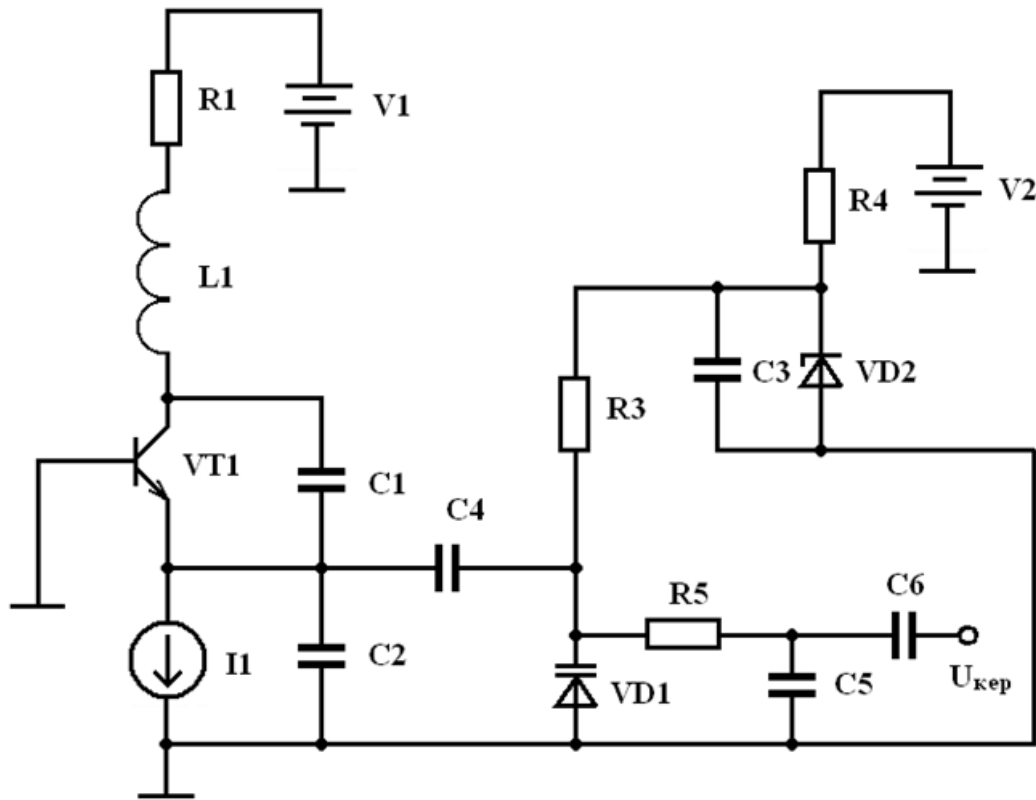


Рисунок 4 – Схема електрично керованого хаотичного генератору Колпитця

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГЕНЕРАТОРУ ДЕТЕРМІНОВАНОГО ХАОСУ ЗА СХЕМОЮ КОЛПИТЦЯ

На рис. 5 представлена електрична схема генератора детермінованого хаосу за схемою Колпитця керованого напругою в програмі Multisim 10.1.

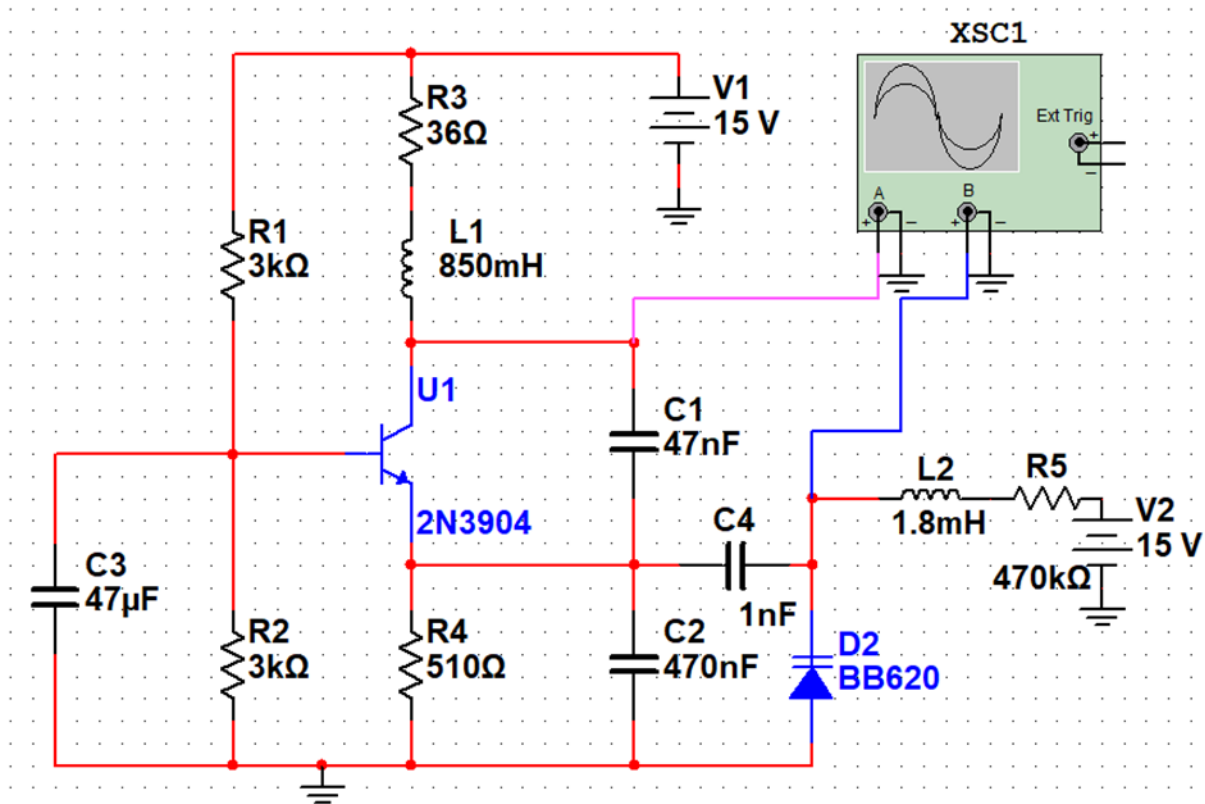


Рисунок 5 – Електрична схема генератора детермінованого хаосу за схемою Колпитця керованого напругою

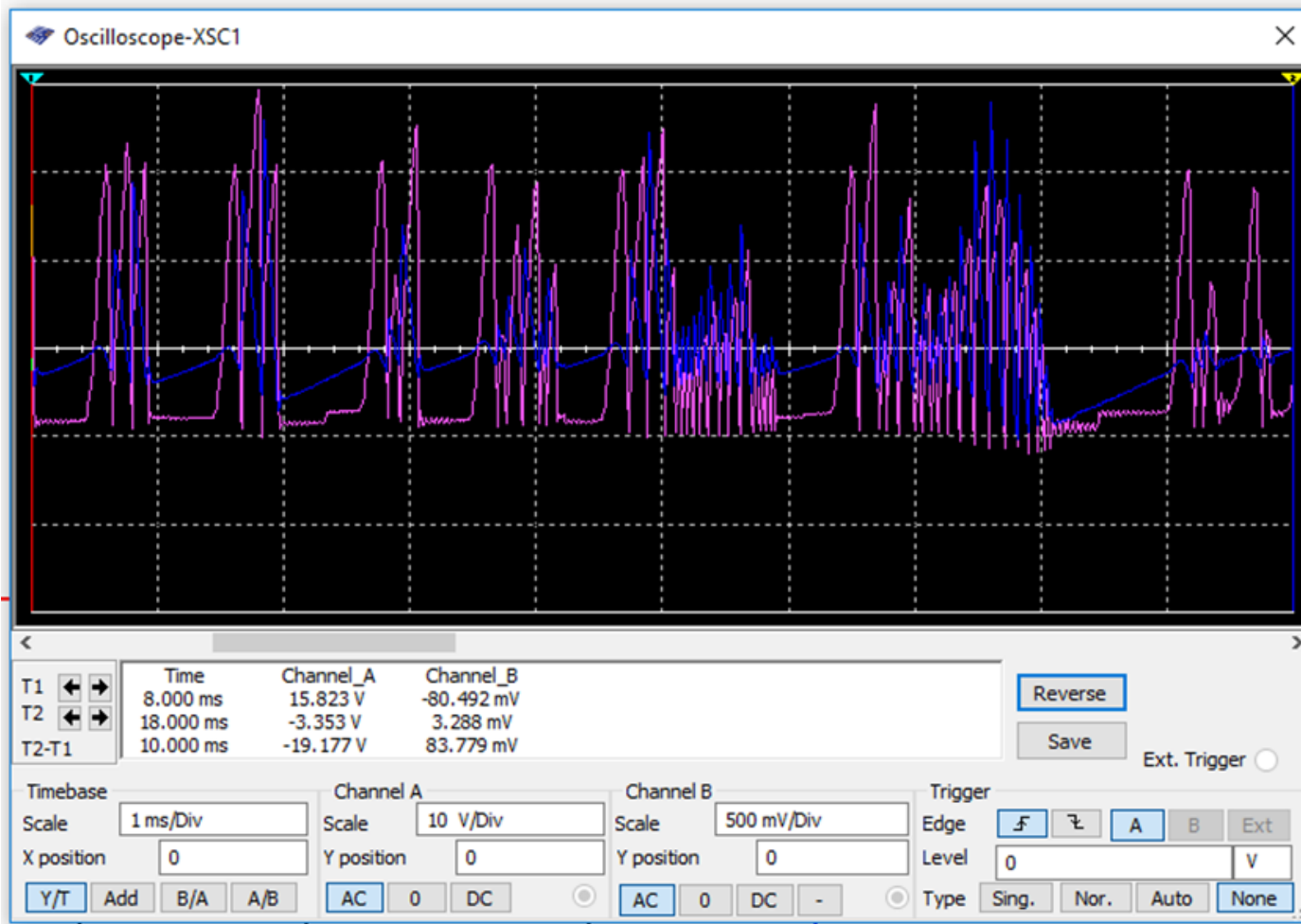


Рисунок 6 – Суміщені осцилограми обох каналів осцилографа

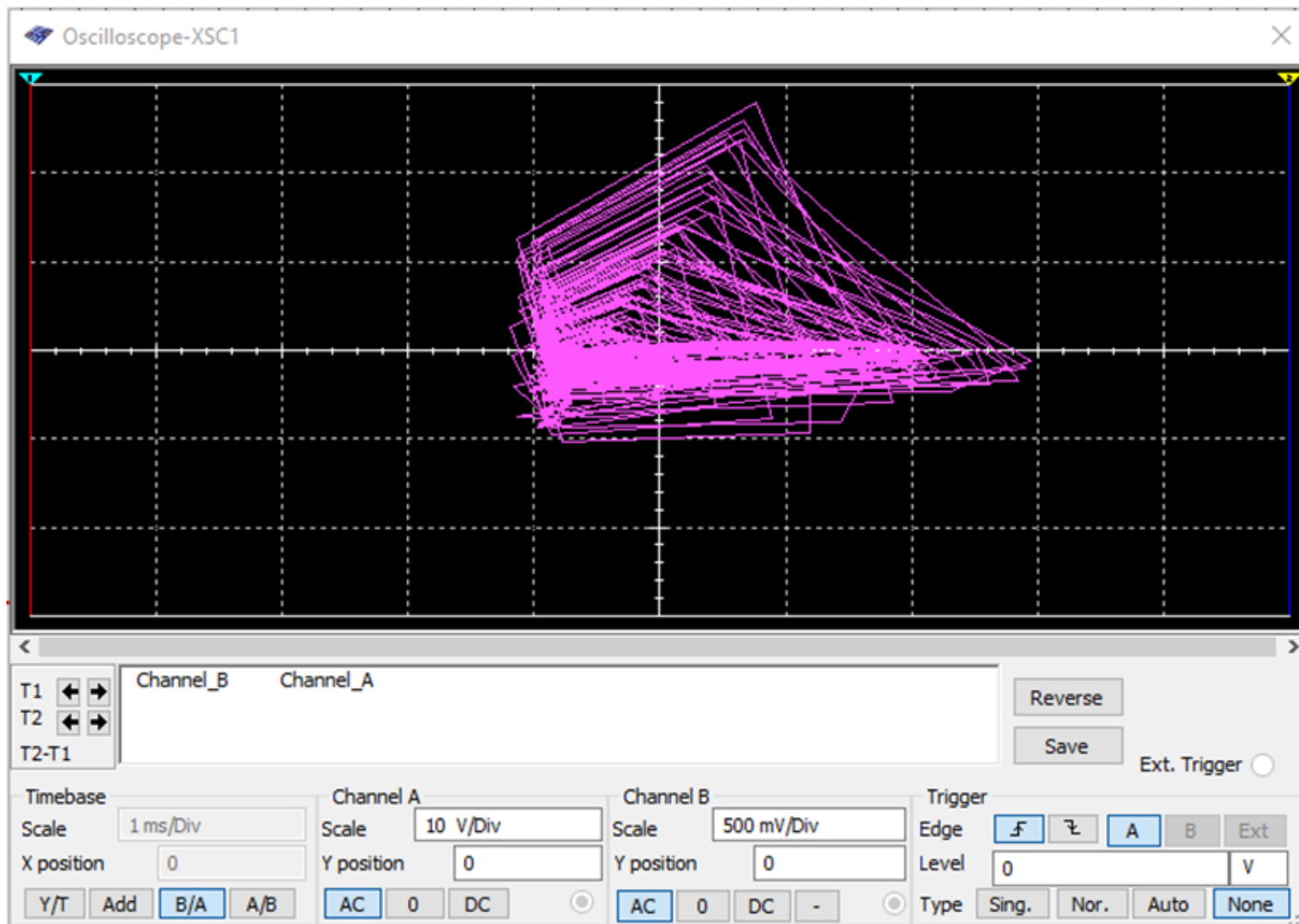


Рисунок 7 – Фазовий портрет генератору детермінованого хаосу в площині В-А

Статичні характеристики генерованих хаотичних імпульсів

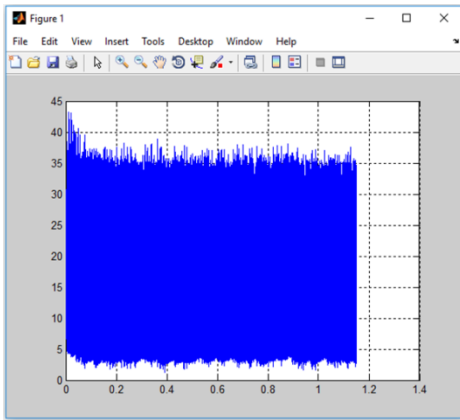


Рисунок 8 – Часова діаграма генерованих імпульсів напруги каналу А за час спостереження 1,162 с при $V_2=28$ В

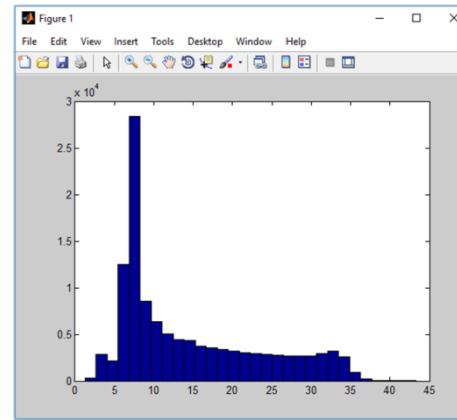


Рисунок 9 – Гістограма функції розподілу густини ймовірності генерованих імпульсів напруги каналу А за час спостереження 1,162 с при $V_2=28$ В

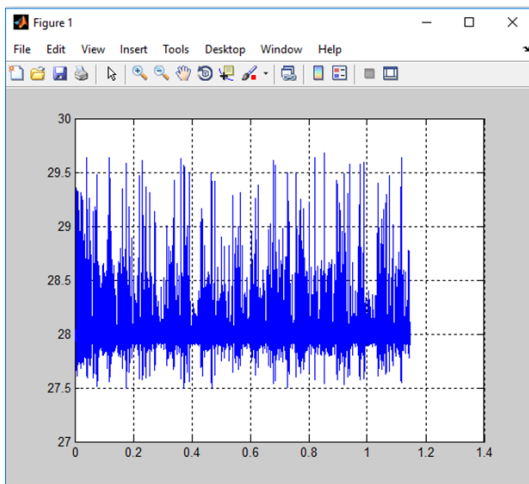


Рисунок 10 – Часова діаграма генерованих імпульсів напруги каналу В за час спостереження 1,162 с при $V_2=28$ В

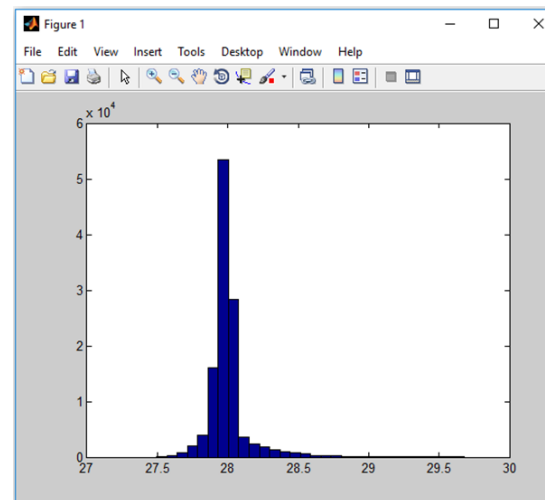


Рисунок 11 – Гістограма функції розподілу густини ймовірності генерованих імпульсів напруги каналу В за час спостереження 1,162 с при $V_2=28$ В

ВИСНОВКИ

В першому розділі магістерської кваліфікаційної роботи проведено аналіз існуючих методів та засобів реалізації генераторів детермінованого хаосу. Досліджено особливості роботи ГДХ для використання у вимірювальних каналах.

У другому розділі обґрунтовано доцільність використання ГДХ у приладах контролю фізичних величин. Розглянуто можливості використання сигналів детермінованого хаосу для вимірювання та контролю фізичних величин, запропоновано класифікаційні схеми особливостей вимірювального процесу та інформаційних вимірювальних параметрів.

У розділі проведено розробку та дослідження ГДХ за схемою Колпитця з електричним керуванням. Як елемент для електричного керування динамікою хаотичних коливань обрано варікап. Проведено електричний розрахунок схеми генератора.

Розроблена та досліджена схема ГДХ за схемою Колпитця керованого напругою в пакеті програм схемотехнічного моделювання Multisim 10.1.

Отримано часові та статистичні характеристики хаотичних коливань генератору детермінованого хаосу за схемою Колпитця керованого напругою в пакеті MATLAB 7.1.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

The background features abstract geometric shapes in shades of yellow and grey, primarily concentrated on the right side of the slide. The shapes are layered and semi-transparent, creating a modern, architectural feel.