

## ДОДАТОК А.

Графічний матеріал до кваліфікаційної роботи

Магістерська робота на тему:

# «ПРОЄКТУВАННЯ БАГАТОЧАСТОТНОЇ АКТИВНОЇ МОНОПОЛЬНОЇ ДРУКОВАНОЇ АНТЕНИ ОСЦИЛЯТОРНОГО ТИПУ НА ОСНОВІ ХАОТИЧНИХ СХЕМ»

Магістр: ст.гр. РТм- 21-1 Сонін О. А.

Науковий керівник: доц. каф. КРІСТЗІ Лихограй В.Г.

1

## Актуальність роботи

Важливим елементом інформаційних технологій в сучасному світі є контактні та **безконтактні (радіочастотні) електронні ідентифікатори** (Radio Frequency Identification, RFID), які присвоюються кожному ідентифікованому об'єкту (людині, майну) та виконують дві основні функції: ідентифікацію об'єкта та накопичення певної інформації про нього.

Велика увага приділяється розробці та застосуванню **активних антен (АА)**, де реалізована інтеграція випромінюючих елементів з активними пристроями.

В залежності від функцій активних пристроїв, які використовуються в антенній структурі, АА можуть бути:

- активна антена – підсилювач,
- активна антена – осцилятор та
- активна антена – перетворювач частоти.

Використання хаотичного режиму роботи нелінійних осциляторів для генерації кількох частот у RF/MW діапазоні може бути застосований для багаточастотної роботи в АА.

Розроблена АА осциляторного типу може працювати на одиночній, подвійній, четверній, вісімковій частотах і т.д., або в хаотичному режимі роботи шляхом зміни напруги зсуву робочих характеристик генератора.

**Коли генератор працює в багаточастотному режимі, він може бути використаний для реалізації багаточастотних антен**

2 2

## Цілі і задачі

**Мета роботи** - розробка засобами комп'ютерного моделювання багаточастотної активної монопольної друкованої антени осциляторного типу на основі хаотичної схеми Колпітца та дослідження їх характеристик.

**Положення, які виносяться до захисту:**

1. Огляд активних антени у складі безконтактних багато частотних електронних інтелектуальних карток.
2. Огляд RF/MW генераторів динамічного хаосу.
3. Моделювання засобами САD засобами комп'ютерного моделювання багаточастотної активної монопольної друкованої антени осциляторного типу на основі хаотичної схеми Колпітца та дослідження їх характеристик.

3 3

## Безконтактні (радіочастотні) електронні ідентифікатори

При обслуговуванні особи чи майна, використовуються **радіочастотні ідентифікатори** у вигляді інтелектуальної картки (IK, Smart Card), які можуть містити такі дані:

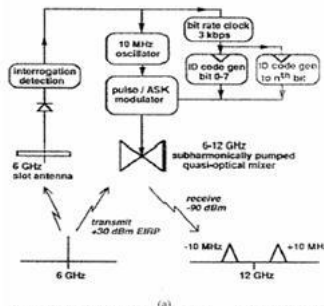
- ідентифікаційний код власника;
- засоби захисту інформації від несанкціонованого доступу;
- інформацію (постійну та, за потреби, змінювану), що відповідає функціям RFID;
- стандартні інтерфейси його спілкування з навколишніми приладами ;
- системами для автоматичного обслуговування та ін.

На сьогодні в ІК-технологіях існує велика кількість контактних і безконтактних радіочастотних платіжних та ідентифікаційних засобів.

**Зараз розроблені низка технологічних платформ, які включають безпосередньо мікрочіпи, антени, а також безпосередньо картки, мітки, брелоки, зчитувачі і системи контролю доступу.**

4 4

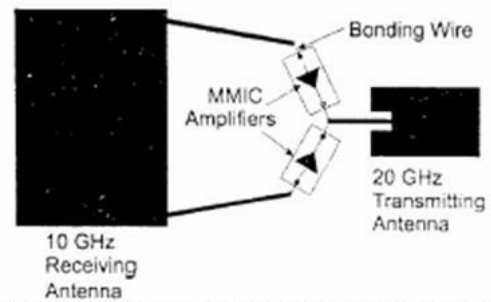
## Приклади використання АІА в мініатюрних радіозасобах



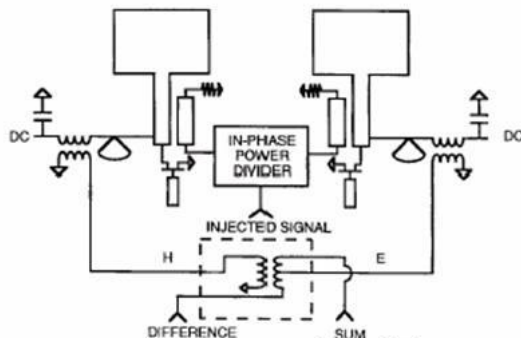
Безконтактне посвідчення особистості



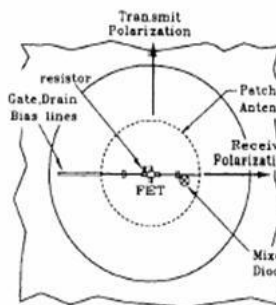
(b)



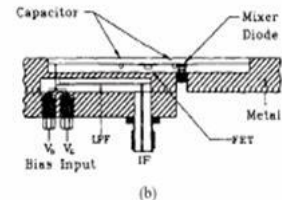
Приймальна АІА з подвоєнням частоти



Модуль приймача на ефекті Доплера з можливістю супроводу по азимуту



Приймач з АІА у вигляді дискової мікросмушкової антени



(b)

5

5

## Дослідження динамічного хаосу

Стародавні греки називали безладну матерію, неорганізовану стихію, з якої утворилося згодом все існуюче, **хаосом**.

За аналогією явищу нерегулярного (хаотичного) руху в нелінійних системах був даний термін динамічний або детермінований хаос. Хаотична поведінка виникає не через вплив зовнішніх джерел шуму, не через велике число ступенів свободи системи.. **Вона породжується власною динамікою нелінійної детермінованої системи**

Важливим елементом захищеної системи зв'язку є використання недетермінованої підсистеми, якою є **генератор хаотичних сигналів**.

До теперішнього часу відомі багато різних динамічних систем, які демонструють **хаотичну поведінку**. Однак створення на їх основі генератора хаосу з потрібними характеристиками є складною задачею. Для цього потрібна не просто динамічна система, яка породжує хаос, а система, яка породжує **хаос з певними спектральними властивостями**.

Крім того, така система повинна бути реалізована на стандартній елементній базі, в т.ч. для генерування ВЧ або НВЧ сигналів.

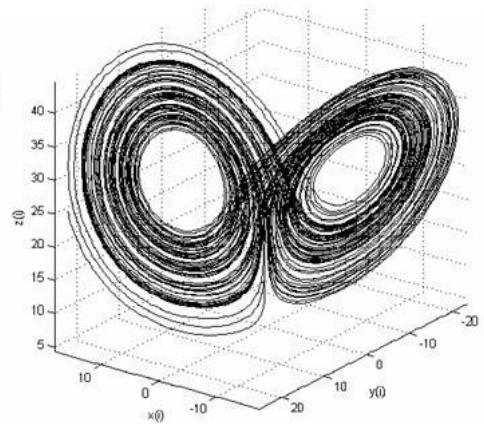
6

6

## Дослідження динамічного хаосу

Простір (двовимірний або загалом багатовимірний) змінних динамічної системи утворює **фазовий простір**, у якому кожна точка відповідає стану динамічної системи в певний час. Певній поведінці системи у фазовому просторі відповідає поняття **атрактор** (attractor), що в перекладі з англійської означає "той, що притягує до себе".

**Атрактор** — **множина** точок у **фазовому просторі**, до якої збігаються **фазові траєкторії динамічної системи**. Атрактори можуть бути точковими (**точки рівноваги**), лініями (**граничні цикли**), поверхнями, і складними багатовимірними фрактальними структурами, як у випадку **дивного атрактора**. Навколо атрактора в фазовому просторі існує **басейн притягання**. В загальному випадку атрактор — це безліч траєкторій в фазовому просторі, до яких притягуються всі інші траєкторії з деякої області і така область називається ще басейном тяжіння ат трактора



Атрактор Лоренца у тривимірному просторі

7

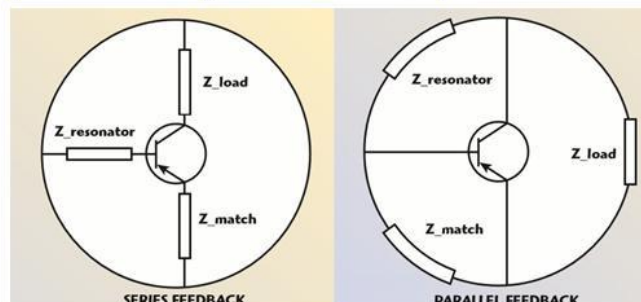
## Схемотехнічні рішення побудови RF генераторів хаосу

Типовий RF/MW генератор включає **дві** основні частини:

- активний пристрій і
- пасивний резонансний елемент, що формує робочу частоту.

Щоб змусити генератор працювати, повинні бути виконані основні умови генерації коливань. Однією з цих умов є формування сигналу активним пристроєм з необхідним підсиленням **для компенсації втрат у контурі зворотного зв'язку на RF/MW частоті**.

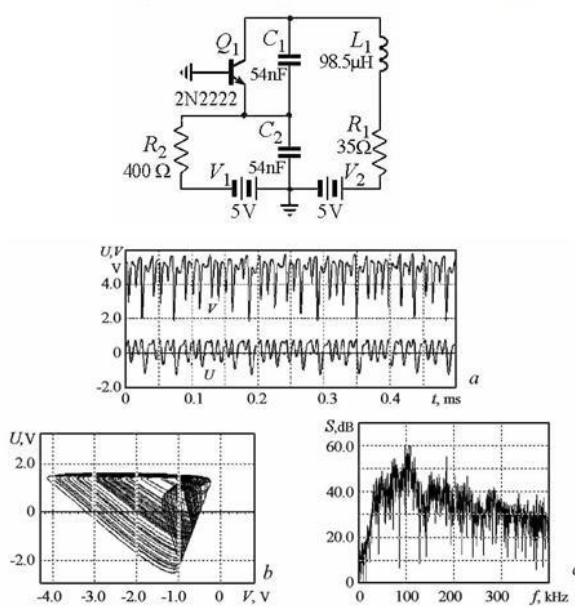
В конфігурації MW генераторів для виконання цієї умови існують дві різні топології: **з послідовним та паралельним зворотнім зв'язком**



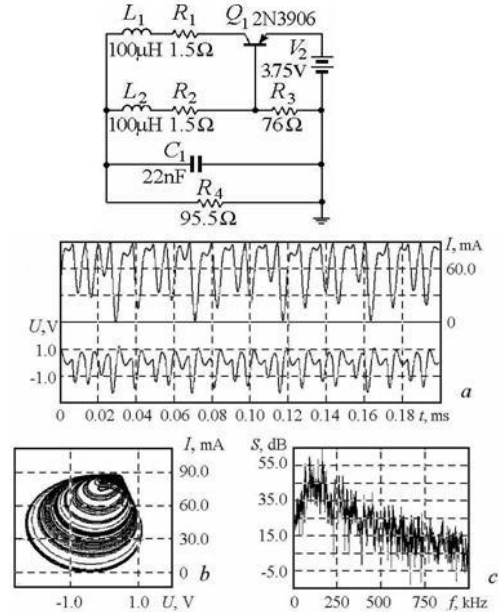
Конфігурація генератора на транзисторі з послідовним та паралельним зворотнім зв'язком

8 8

# Схемотехнічні рішення побудови RF генераторів хаосу

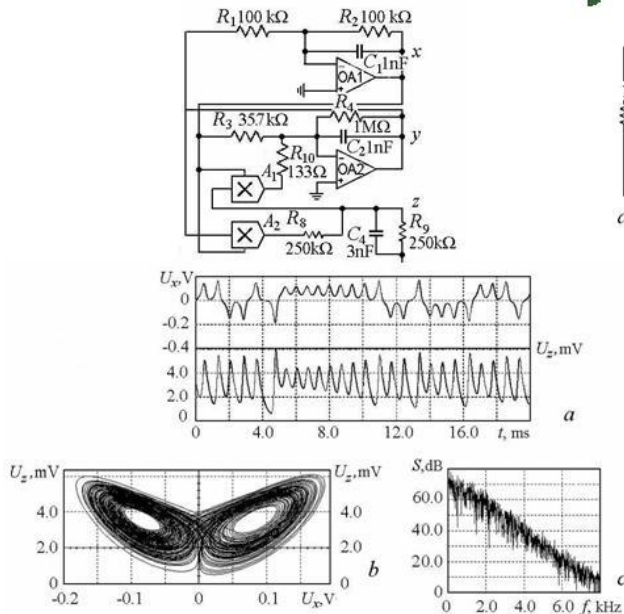


Генерація хаосу Колпітта: залежності в часі напруг на конденсаторах C1 і C2 (a); портрет атрактора (b) та спектр сигналу на конденсаторі C1 (c)

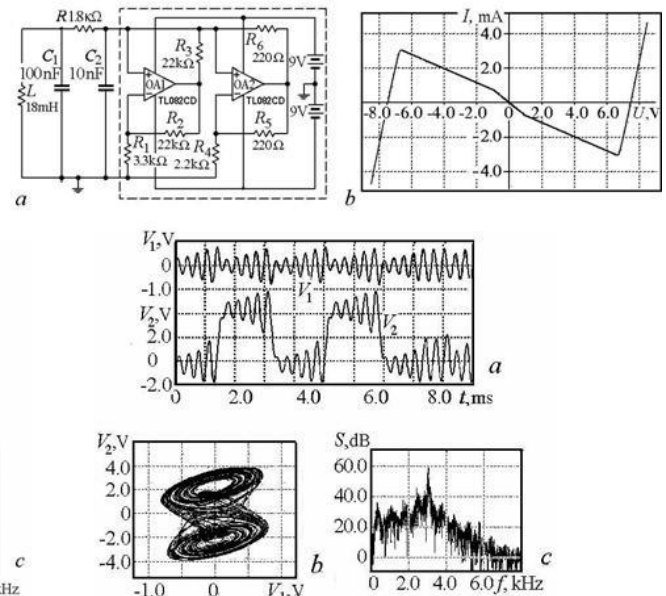


Генерація хаосу Хартлі: залежності в часі напруги U на індуктивності L2 і струму I через неї (a); портрет атрактора (b) та спектр сигналу на індуктивності L2 (c)

# Схемотехнічні рішення побудови RF генераторів хаосу

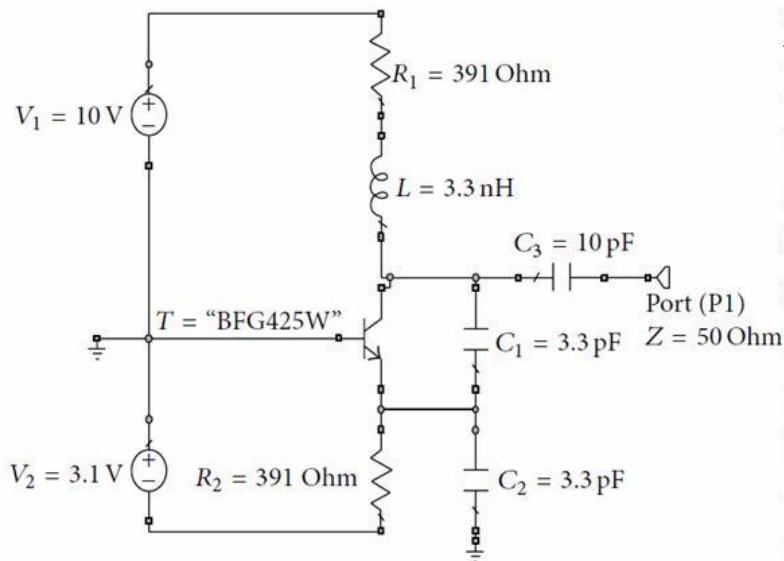


Генерація хаосу Лоренца: залежності в часі напруг  $U_x$  і  $U_z$  у вузлах x і z (a); портрет атрактора у проекції на площину змінних  $U_x$  і  $U_z$  (b) та спектр сигналу  $U_x$  (c)



Генерація хаосу Чуа: залежності в часі напруг на конденсаторах C1 і C2 (a); портрет атрактора у проекції на площину цих змінних (b) та спектр сигналу, що відповідає напрузі на конденсаторі C1 (c)

## Дослідження MW генератор Колпітса



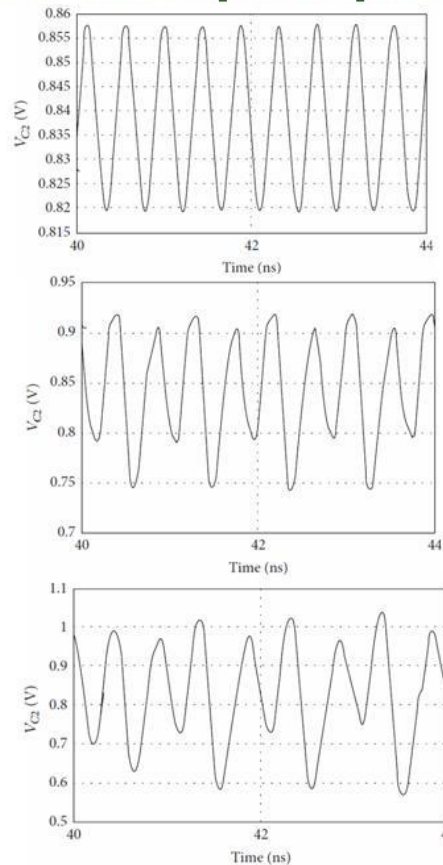
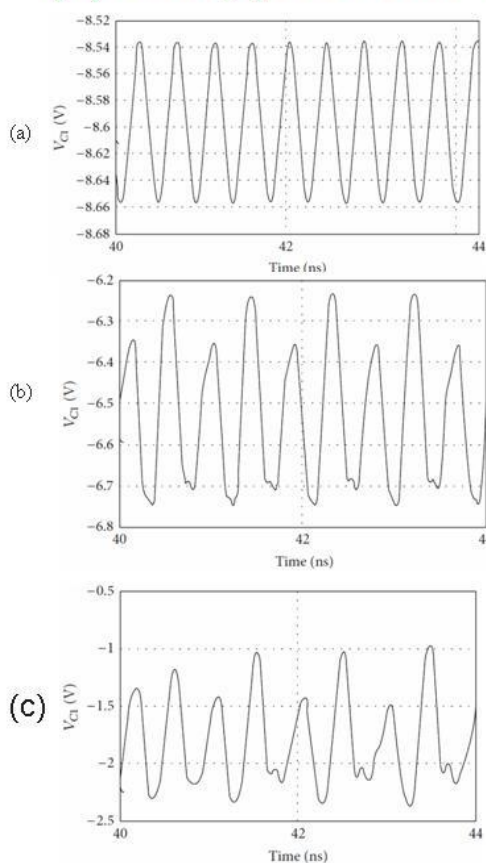
Триточкова схема генератора Колпітса на транзисторі NPN BFG425W, включеному по схемі зі спільною базою

Хаотичний осцилятор Колпітса демонструє різну динаміку поведінки при різних значеннях напруги зміщення емітера  $V_2$ , що дає змогу мати різну динаміку поведінки:

- в періодичному режимі,
- в режимі подвоєння періоду та
- в хаотичному режимі роботи.

11 11

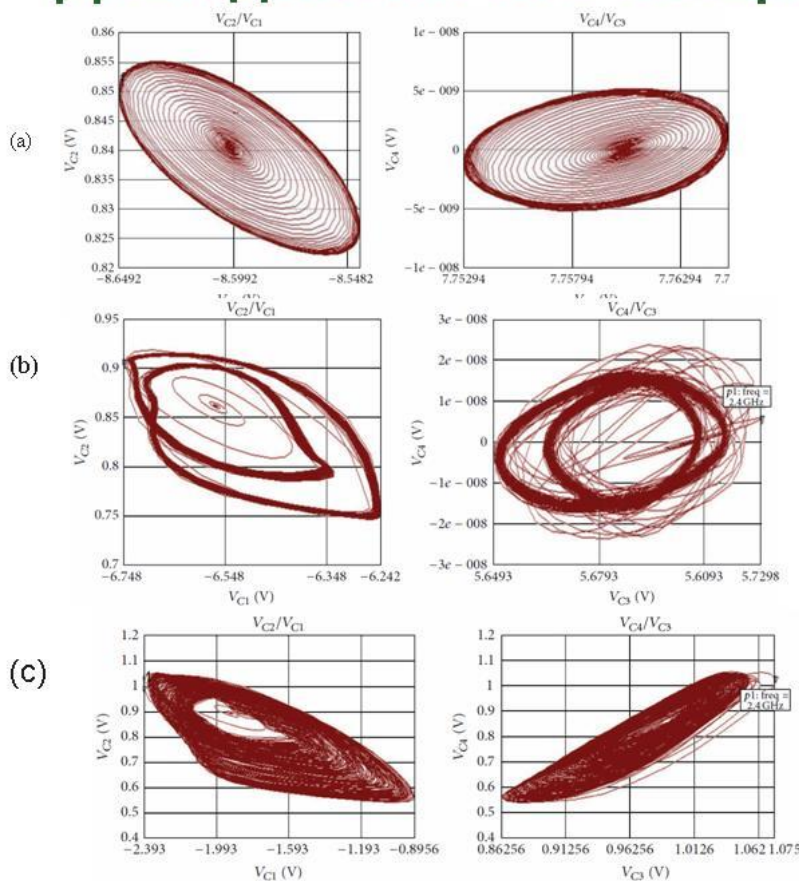
## Дослідження MW генератор Колпітса



Часові залежності на  $V_{C1}$  і  $V_{C2}$  при зсуві напруги емітера  $V_2$  хаотичного генератора Колпітса: (a) періодичний режим для  $V_2 = 3,1$  В, (b) режим подвоєння періоду для  $V_2 = 5,2$  В, (c) хаотичний режим для  $V_2 = 7$  В.

12 12

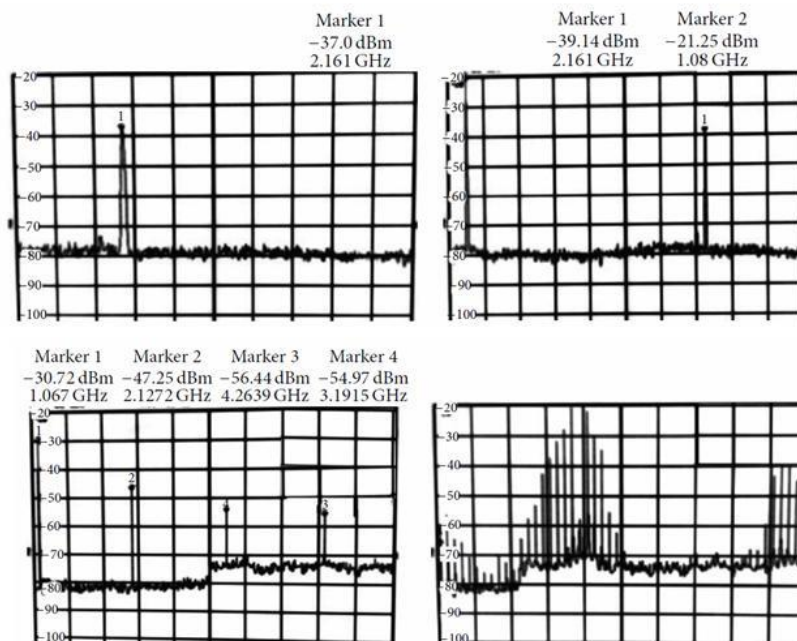
## Дослідження MW генератор Колпітса



**Фазовий портрет**  $V_{C2}$  від  $V_{C1}$  та  $V_{C4}$  від  $V_{C3}$  при зміні напруги зміщення емітера  $V_2$  хаотичного генератора Колпітса (а) періодичний режим для  $V_2=3.1\text{В}$ , (б) переривчастий стан для  $V_2=5.2\text{В}$  та (в) хаотичний режим для  $V_2=7\text{В}$ .

13 13

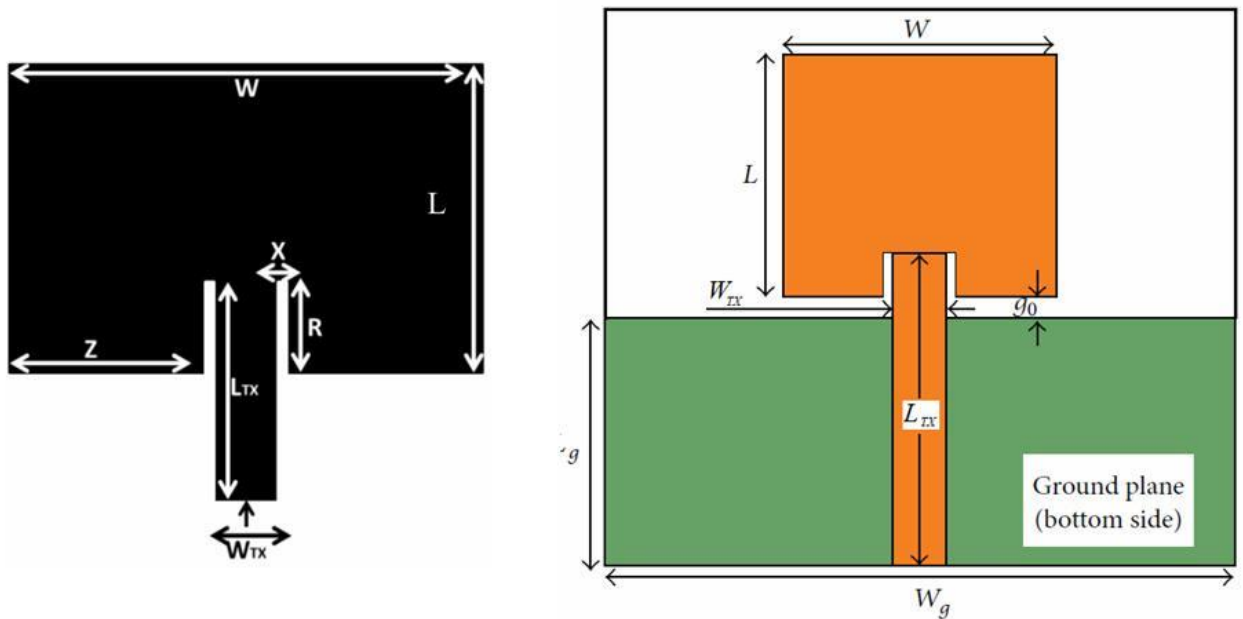
## Дослідження MW генератор Колпітса



Спектри осцилятора Колпітса: (а) періодичний режим, (б) режим подвоєного періоду, (с) режим чотирьох періодів і (д) хаотичний режим

14 14

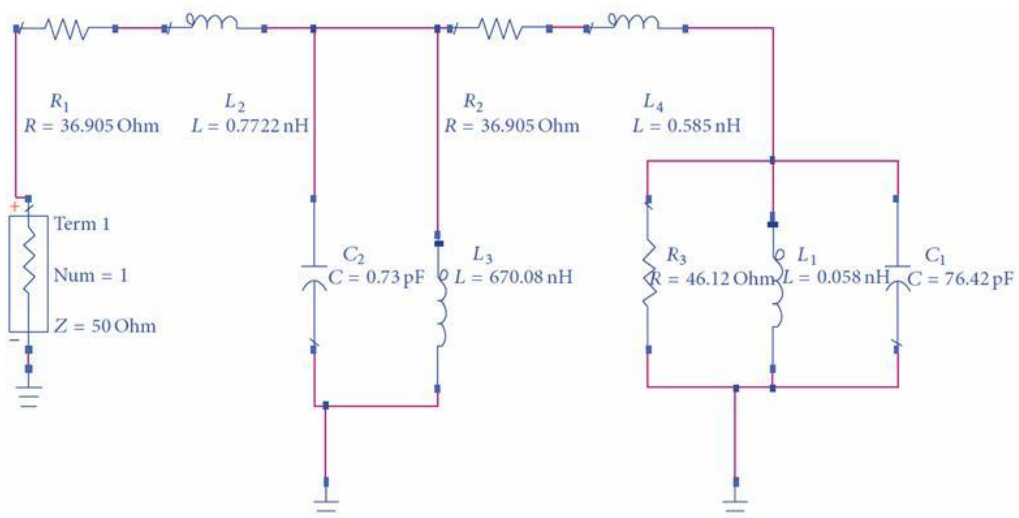
## Моделювання та дослідження характеристик антени МРА



Модель малогабаритної МРА : (а) з вставною лінією живлення, (b) випромінюючий патч та поверхня заземлення

15

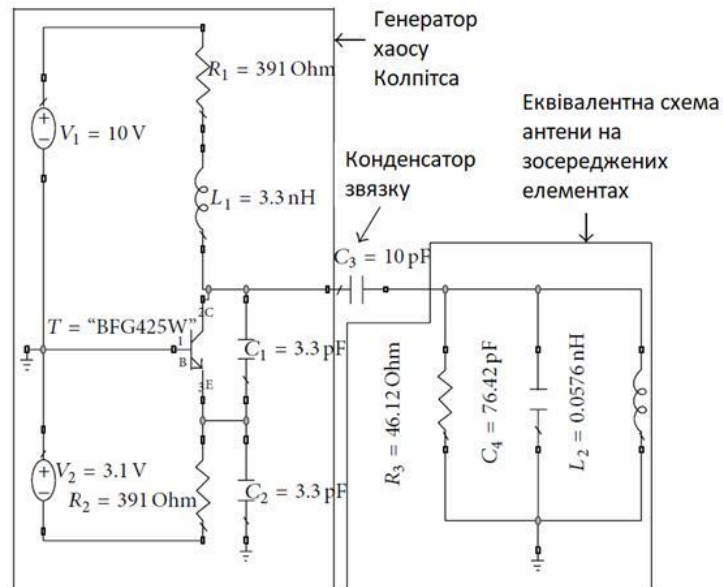
## Моделювання та дослідження характеристик антени МРА



Модель еквівалентної схеми запропонованої друкованої монопольної антени

16

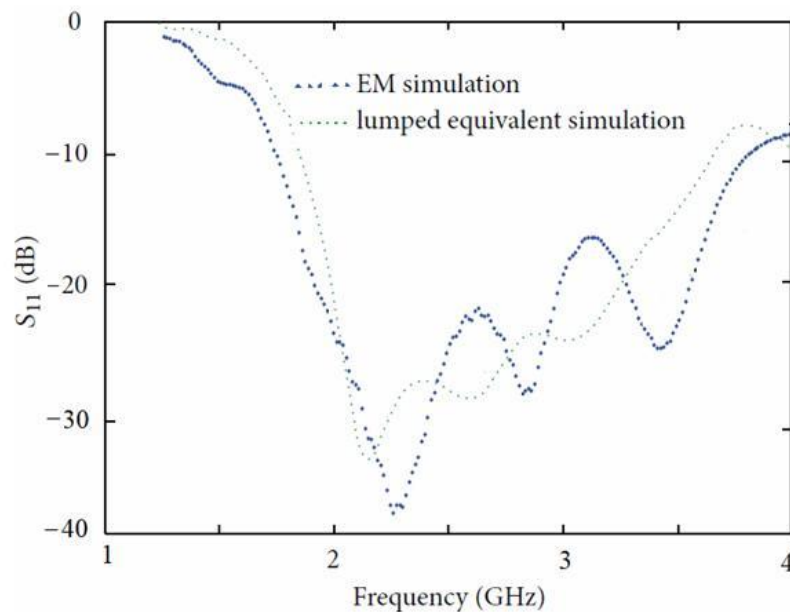
## Моделювання та дослідження характеристик антени МРА



Модель еквівалентної схеми запропонованої друкованої монопольної антени

17

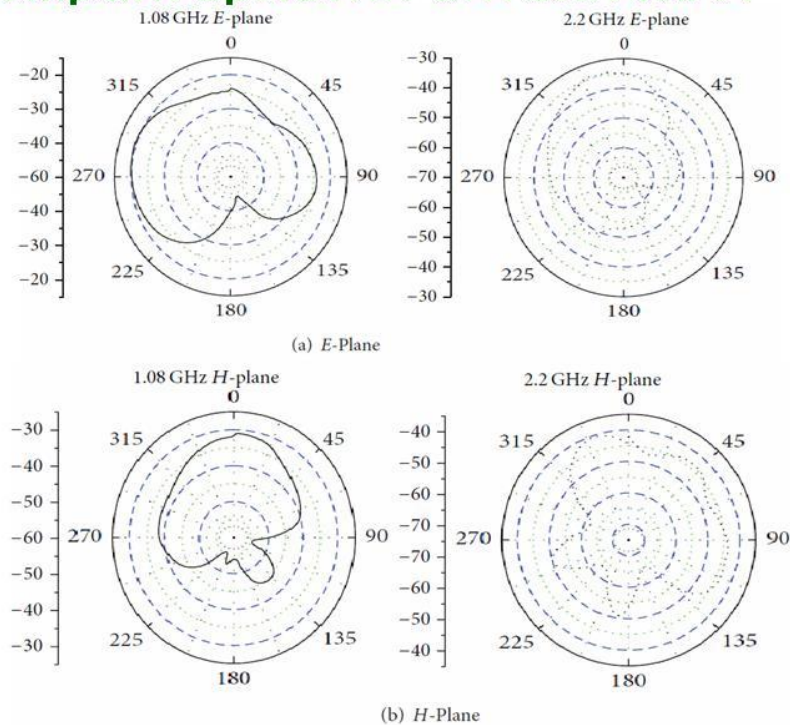
## Моделювання та дослідження характеристик антени МРА



Порівняння результатів EM та схмотехнічного моделювання  $S_{11}$  для МРА

18

## Моделювання та дослідження характеристик антени МРА



ДН в площині E та H для частот 1,08 ГГц та 2,2 ГГц

19

## Висновки по роботі:

- Дослідження та розробка випромінювачів для АІА у складі інтелектуальних карток (ІК) є однією із актуальних задач. Зазвичай для ІК використовуються двочастотні антени з використанням двох окремих випромінювачів. Однак перспективною є спроба розробки активної антени, в якій є випромінювач, що працює одночасно в двох діапазонах частот - багаточастотної активної монопольної друкованої антени осциляторного типу на основі хаотичної схеми Колпітца.
- Результати проведених досліджень дозволяють стверджувати, що спроектований прямо хаотичний генератор з ємнісною нелінійністю має ознаки режиму динамічного хаосу, а саме не дотримуються умови конвергентності; формується неперервний спектр коливань та присутня сильна залежність режиму хаосу від незначних змін початкових умов.
- Активна антена осциляторного типу була розроблена з використанням хаотичного генератора Колпітца. Багаточастотна робота антени використовується на основі теорії руху до хаосу. Як моделювання, так і експериментальні результати підтверджують достовірність запропонованої методики. Очевидно, що антену можна змусити передавати кілька частот одночасно, встановивши напругу зсуву хаотичного генератора на певне значення. Запропонована методика визнана придатною для бездротових пристроїв.



