

**АНТЕНА НА ОСНОВІ ФРАКТАЛУ КОХА**

Сердюк С.Л.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Іванова О.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки,

каф. КРiCTЗi, м. Харків, Україна

тел. +38(066) 553-12-09, e-mail: serhii.serdiuk@nure.ua

With the development of telecommunications technologies, there are requirements for more compact and modernized antennas. This work is devoted to the study of the antenna based on the Koch fractal. Advantages and examples of using the antenna based on the Koch fractal are given.

З розвитком систем бездротового зв'язку і збільшенням важливості бездротових додатків, широкопasmові та низькопрофільні антени користуються великим попитом як для комерційних, так і для військових застосувань. Багатодіапазонні та широкопasmові антени бажані в персональних системах зв'язку, малих супутникових терміналах зв'язку та інших бездротових програмах. Одним із шляхів створення таких антен є використання при розробці фрактальної геометрії. Першою конструкцією фрактальної антени з найбільш повно вивченими електромагнітними та спрямованими властивостями стала антена на основі префрактальної кривої Коха.

При побудові лінії Коха вихідний відрізок завдовжки  $l$ , іменованій ініціатором фракталу, ділиться на три рівні частини. Щоб сформулювати першу ітерацію, прямолінійне перетворення масштабується до однієї третини початкової довжини, при цьому центральна лінія згинається на  $\theta = 60^\circ$ . Ілюстрація перетворення наведена на рис. 1. Друга і третя ітерації утворюються шляхом трансляції їх попередньої ітерації, яка з кожної сторони лінії має однакову довжину. В результаті утворюється ламана, що складається з чотирьох ланок довжиною  $l/3$  кожна.

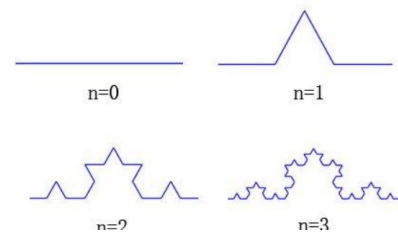


Рисунок 1 – Етапи побудування фракталів Коха

Кожен крок збільшує довжину результуючої кривої за наступним принципом:

$$L = z \left( \frac{4}{3} \right)^n, \quad (1)$$

де  $n$  – число ітерацій,  $z$  – довжина вихідної лінії.

Цей ефект мініатюризації антен є суттєвим лише за п'яти-шести перших ітераціях фракталу. Строго кажучи, в антенних рішеннях використовуються не справжні фрактали, а лише кілька перших їх ітераційних форм, що отримали в геометрії назву кривих, що заповнюють простір (Space-Filling Curves, SFC) або площину (Plane-Filling Curves, PFC). Крива Коха є однією з найбільш відомих фрактальних кривих і використовується в бага-

тьох галузях, включаючи антенні технології.

Ось деякі переваги, які можуть бути пов'язані з використанням Кривої Коха як антени:

1. Більша довжина антени: Крива Коха має складну форму, яка може дозволити створювати більш довгі антени на обмеженій площі. Це забезпечує кращу ефективність антени в високочастотному діапазоні

2. Менша залежність від напрямку: Крива Коха може бути використана як антена зі спрямованою діаграмою направленості, але вона має меншу залежність від напрямку, порівняно з традиційними антенами, такими як диполь або петля. Це означає, що Крива Коха може приймати та передавати сигнали з більш широкого кута, що може бути корисним у додатках з обмеженим кутом прийому або в додатках, де сигнал має декілька джерел.

3. Більша ефективність: Крива Коха може забезпечити більшу ефективність в порівнянні з традиційними антенами в деяких застосуваннях. Оскільки Крива Коха має складну форму, вона може створювати більше граней та кутиків, що може допомогти збільшити ефективну площу антени.

4. Гармонійні коливання: Крива Коха має гармонійні коливання, що можуть дозволити отримати кращу якість сигналу. Це означає, що Крива Коха може бути особливо корисною в додатках, де потрібна висока якість сигналу, наприклад, в додатках радіозв'язку.

Крива Коха, як фрактальна антена, має широкий спектр застосувань в радіотехніці. Ось декілька прикладів використання Кривої Коха в різних додатках радіотехніки:

1. Антени для мобільних телефонів: Крива Коха може бути використана для виробництва компактних антен для мобільних телефонів та інших пристроїв з бездротовим зв'язком. Завдяки своїм перевагам, таким як широкий кут прийому та більша ефективність, вона може забезпечувати кращу якість зв'язку у порівнянні з традиційними антенами.

2. Радіодетектори: Крива Коха може бути використана як антена для радіодетекторів, що дозволяє збільшити ефективну площу детектора та забезпечити кращий прийом сигналів.

3. Антени для супутникового зв'язку: Крива Коха може бути використана для виробництва антен для супутникового зв'язку. Оскільки вона має широкий кут прийому, вона може забезпечити кращий прийом сигналів з різних напрямків.

Список використаних джерел. 1 Fractal Antenna Elements and Arrays. X. Yang, J. Chiochetti, D. Papadopoulos and L. Susman APTI, Inc [https://spp.astro.umd.edu/SpaceWebProj/CV\\_PapaDoup\\_links/70\\_Fractal%20Antenna%20Elements%20and%20Arrays.pdf](https://spp.astro.umd.edu/SpaceWebProj/CV_PapaDoup_links/70_Fractal%20Antenna%20Elements%20and%20Arrays.pdf) Дата звернення: 18.03.2023. 2. Потапов А.А., Гильмутдинов А.Х., Ушаков П.А.. Фрактальные элементы и радиосистемы: физические аспекты. / Под. ред. А.А. Потапова. - М.: Радиотехника, 2009. – С.200.