

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АНТЕН КОХА ТА ГІЛЬБЕРТА ДЛЯ ПРИЙОМУ СИГНАЛІВ НА ЧАСТОТІ 2100 МГц

доцент, к.т.н. Іванова О.О., студент Сердюк С.Л.

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра комп'ютерної радіоінженерії та систем технічного захисту  
інформації, м. Харків, Україна  
e-mail: serhii.serdiuk@nure.ua

**Abstract.** A comparative study of Koch and Hilbert antennas at a frequency of 2100 MHz will identify common technological challenges, as well as reveal the advantages and limitations of each antenna type, contributing to a deeper understanding of their potential in modern wireless communications.

**Ключові слова:** фрактал, крива Коха, крива Гільберта, сигнал, антена.

**Вступ.** У зв'язку із розвитком мобільних технологій, вибір оптимальної антени стає стратегічно важливим завданням. Важливим аспектом нашого дослідження є розуміння впливу антен на якість бездротового зв'язку. У нашому дослідженні ми порівнювали дві антени - Гільберта та Коха для з'ясування їхньої ефективності у бездротових комунікаціях. Обидві антени, Гільберта та Коха, можуть забезпечити стабільний прийом на частоті 2100 МГц, але їхні технічні особливості визначатимуть їхню ефективність у конкретних умовах. Важливо враховувати особливості топології місцевості, вимог системи для точного вибору антени і т.д.

**Основна частина.** Враховуючи практичні виміри та результати теоретичних розрахунків для антен Коха та Гільберта, отримані дані надають можливість конкретизувати ефективність різних типів антен у сучасних мобільних мережах. Фрактальні антени відрізняються від традиційних антен своєю геометричною складністю та самоподібністю на різних масштабах. Антена Коха базується на кривій Коха, яка є самоподібною і має багато вузьких відгалужень, що дозволяє отримувати кумулятивні зв'язки із сигналом. Антена Гільберта використовує подібний підхід, використовуючи фрактальні криві Гільберта.

Однією з переваг фрактальних антен є їхня компактність і можливість працювати на багатьох частотах, що особливо важливо для мультисмугових систем, таких як 3G та 4G. Також вони можуть мати високу ефективність та низьку область затухання.

Антени Гільберта та Коха викликають інтерес у сфері бездротових комунікацій. Розглянемо їхні ключові параметри.

Коефіцієнт підсилення ( $G_a$ ) є важливим показником ефективності антени. У Гільберта цей параметр досягає 8.23 дБ, вказуючи на високу здатність антени концентрувати сигнал. У порівнянні, Коха має трошки менший коефіцієнт - 7.58 дБ, але все ще на високому рівні продуктивності.

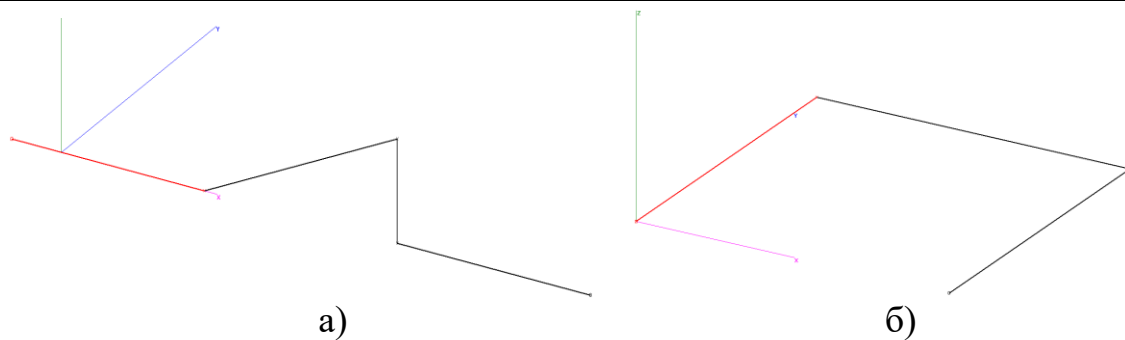


Рисунок 1 - Геометрія першої ітерації кривої Коха (а), кривої Гільберта (б)

Таблиця 1 – Зведена таблиця результатів моделювання

Номер ітерації	0	Крива Гільберта		Крива Коха	
		1	2	1	2
R, Ом	225.8	87.08	236.5	68.11	257
jX, Ом	-462.5	-303.9	159.9	-183.9	-367.4
KCX	23.6	23.5	6.96	11.9	15.8
Ga	10.03	8.23	7.81	7.58	6.83
F/B	-0.06	-0.4	-0.21	-2.62	0.16
Elev	86.3	78	77.9	78	86.3
Поляризація	горизонтальна				

Відношення підсилення до задньої напрямленості (F/B) визначає, наскільки добре антена фокусує сигнал в передньому напрямку порівняно з заднім. У Гільберта це відношення складає -0.4 дБ, вказуючи на високу точність направленої прийому. Для Коха це значення -2.62 дБ, що може бути важливим у задачах з меншою концентрацією сигналу.

Обидві антени мають однаковий кут елевації - 78 градусів, вказуючи на схожі характеристики щодо вертикального прийому. Це важливо для ситуацій, де потрібне широке охоплення. Антена Гільберта має опір 87.08 Ом та реактивний опір -303.9 Ом. З іншого боку, опір антени Коха становить 68.11 Ом, а реактивний опір -183.9 Ом. Опір визначає ефективність взаємодії антени з системою передачі та прийому сигналів, а реактивний опір вказує на фазове зміщення між струмом і напругою.

**Висновки.** Ці параметри важливі для розуміння того, як добре антени можуть приймати сигнали на частоті 2100 МГц. Слід зазначити, що для зниження опору і KCX необхідно використовувати узгоджуючі пристрої. Аналіз даних пристроїв проводився за допомогою програми MMANA-GAL. Діаграми спрямованості двох антен дуже близькі за формою у горизонтальній площині. У вертикальній площині мають велику кількість максимумів і мінімумів. Коефіцієнти підсилення у антен близькі за значеннями.

#### Список використаних джерел.

1. Fractal Antenna Applications Mircea V. Rusu and Roman Baican ,University of Bucharest, Physics Faculty, Bucharest „Transilvania” University, Brasov Romania. 2016.
2. Fractal Geometry in Electromagnetics Applications - from Antenna to Metamaterials Wojciech J. Krzysztofik.