

УДК 004.94:[621.396.67:535.8]

## **МОДЕЛЮВАННЯ ДЗЕРКАЛЬНОЇ АНТЕНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГИБРИДНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ В ПРОГРАМІ ANSYS HFSS**

Масаликін Д. І., Свідерська Л.І.

e-mail: [daniil.masalykin@nure.ua](mailto:daniil.masalykin@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,  
м. Харків, Україна

The article describes calculations of a reflector antenna using the HFSS program using both the basic finite element method and the methods of integral equations and physical optics. The implementation of various methods in one HFSS shell makes it possible to find a reasonable compromise between accuracy and calculation time when solving various problems, as well as to select individual structural elements calculate their characteristics in a certain way, and then apply hybridization.

Широко поширені в даний час у супутниковому зв'язку, РЛС та радіоастрономії дзеркальні НВЧ-антени мають розміри від десятків сантиметрів до сотень метрів [1-2]. Це означає, що розміри антен можуть становити сотні довжин хвиль і більше. Розрахунок таких великих структур строгими електродинамічними методами вимагає великих обчислювальних витрат. Для аналізу та розрахунку характеристик випромінювання дзеркальних антен великого електричного розміру в ANSYS HFSS реалізовано методи, до яких відноситься метод фізичної оптики.

Метою роботи є розрахунок дзеркальної антени у програмі HFSS з використанням гібридного методу розрахунку, який включає як метод кінцевих елементів, так і метод інтегральних рівнянь і фізичної оптики.

Дзеркальні антени – це антени, у яких для фокусування високочастотної електромагнітної енергії використовується явище дзеркального відбиття від криволінійних металевих поверхонь (дзеркал). За розмірами дзеркало значно перевищує довжину хвилі.

Основні модифікації дзеркальних антен визначаються кількістю відбивачів: відомі одно-, дво- та тридзеркальні антени. Конструктивно дзеркальні антени виконують у вигляді металевих або металізованих поверхонь різної форми. Для зниження маси дзеркал і зменшення тиску вітру (парусності) на поверхню їх дзеркала нерідко виготовляють не з суцільного матеріалу, а з сітки проводів або паралельних пластин, а також з перфорованих металевих листів.

Отримати точне рішення таких антен, як і багатьох інших електродинамічних задач аналітичним способом можна лише в тому випадку, коли вихідна фізична проблема радикально спрощена за допомогою низки ідеалізацій. Це стосується насамперед вибору гранично простих геометричних форм тих просторових областей, де існує електромагнітне поле. Сьогодні єдиний спосіб отримати дані про такі

електродинамічні системи полягає у використанні чисельних методів аналізу, що реалізуються на швидкодіючих комп'ютерах. На перших етапах проектування виникає проблема вибору методу та реалізації програми для найбільш ефективного вирішення конкретного завдання.

Вибір програмного забезпечення фактично зводиться до знаходження компромісу між швидкістю розрахунку, його точністю, необхідними обчислювальними ресурсами та обсягом завдання. З цієї точки зору найбільш підходящим інструментом розрахунку дзеркальних антен є обчислювальний пакет ANSYS HFSS [3], який є потужною програмою розрахунку електромагнітного поля для проектування НВЧ-структур, що використовує кілька алгоритмів. ANSYS HFSS входить до комплексу програмних засобів компанії ANSYS, призначених для різнобічного аналізу НВЧ структур.

Останні версії програми HFSS виконують розрахунки методом кінцевих елементів в частотній області, розрахунок перехідних процесів методом Гальоркіна, використовують метод інтегральних рівнянь, метод фізичної оптики, і навіть гібридне використання всіх реалізованих методів розрахунку.

Першим методом електродинамічного моделювання, реалізованого в HFSS, був метод кінцевих елементів (FEM, Finite Element Method). Цей метод довів свою точність і надійність при моделюванні та оптимізації коаксіально-хвильових переходів, фільтрів, планарних антен, розміри яких не перевищують п'яти довжин хвиль. Однак при аналізі об'єктів з великими розмірами вимоги до комп'ютера (обсяг оперативної пам'яті та швидкодія) значно зростають. На допомогу прийшли гібридні методи моделювання, коли різні частини завдання можна розв'язувати різними методами.

У роботі вирішувалася задача опромінення параболічного дзеркала та порівнювалися результати розрахунку двома методами: методом інтегральних рівнянь та методом фізичної оптики. Для антени однієї складності рішення виконувалося на одній і тій самій сітці. Розрахунки виконували на частоті 10 ГГц (довжина хвилі 30 мм). Як опромінювач використовувалися круглі рупорні антени двох типів: 1) з гладкими стінками розкриття; 2) з гофрованими стінками розкриття.

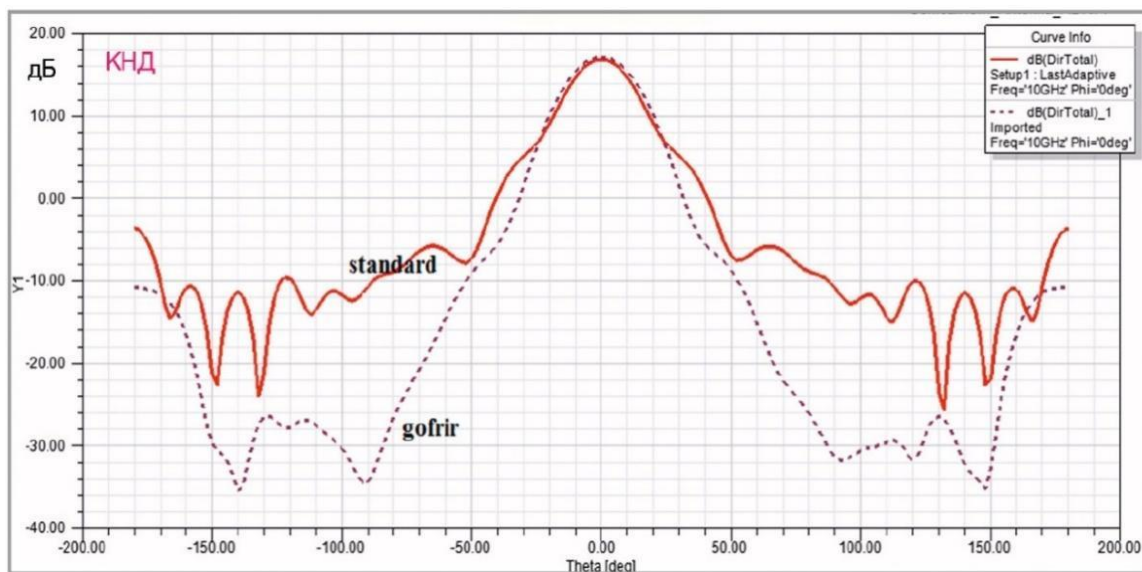


Рисунок 1 - Діаграма спрямованості стандартного та гофрованого опромінювачів

Як видно з рисунку 1, рівень бічних пелюсток у гофрованої антени менше, ніж у стандартної, що призводить до збільшення КНД гофрованої антени порівняно зі стандартною.

Розрахунки показали, що гібридні методи, реалізовані в пакеті ANSYS HFSS, дозволяють використовувати цю програму для розрахунку великих дзеркальних антен. При аналізі дзеркальної антени, що опромінюється рупором, точності розрахунку методом інтегральних рівнянь та методом фізичної оптики показали результати, що відрізняються не більше ніж на 5%.

#### Список використаних джерел

1. Ільницький Л.Я., Савченко О.Я., Сібрук Л.В. Антени та пристрої надвисоких частот: навч. посіб. Київ: Укртелеком, 2013. 496 с.
2. Gavva, D.S. Medvedev, E.A. The influence of rf switches upon the properties of reconfigurable antennas. Part 1: Single-frequency excitation // Telecommunications and Radio Engineering. 2017. Vol.76(11). P. 963-981.
3. Офіційний сайт програми ANSYS HFSS. URL: <http://www.ansys.com> ( дата звернення 19.02.25)