

## ВПЛИВ МАТЕРІАЛУ РЕФЛЕКТОРУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ БЕЗПРОВОДОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ЕНЕРГІЇ

*Макаренко В. В., к.т.н., с.н.с.; Вишко В. В.*

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна»*

Серед існуючих математичних моделей для опису процесу передачі енергії найчастіше використовується теорія СМТ, яка оперує  $S$ -параметрами. Різні типи НВЧ пристроїв можна описати за допомогою падаючих і відбитих хвиль, які поширюються в підключених до них лініях передач. Зв'язок між цими хвилями описується хвильовою матрицею розсіювання або матрицею  $S$ -параметрів.

Ефективність передачі енергії визначається параметром  $S_{21}$ , що залежить від коефіцієнтів відбиття передавальної і приймальної антен.

Матриця втрат описує залежність вхідних  $S_{+12}$  та вихідних  $S_{-12}$  хвиль системи:

$$\begin{bmatrix} S_{-1} \\ S_{-2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_{+1} \\ S_{+2} \end{bmatrix}.$$

В [1] було визначено коефіцієнти матриці та виведені значення вхідної та вихідної потужності для системи, що складається з однакових передавальної та приймальної антен:

$$P_{in} = \frac{1}{2} \frac{|V_G| R_{in}}{|Z_{in} + Z_G|^2},$$
$$P_L = \frac{1}{2} \frac{|V_G|^2 R_L |Z_{21}|^2}{|(Z_{11} + Z_G)(Z_{out} + Z_L)|^2},$$

де  $R_{in} = Re\{Z_{in}\}$  та  $R_L = Re\{Z_L\}$ .

Виходячи з яких було визначено ефективність системи передачі енергії як відношення потужностей на вході та виході системи:

$$\eta_1 = \frac{(1 - |\Gamma_G|^2) |s_{21}|^2 (1 - |\Gamma_L|^2)}{|(1 - \Gamma_G s_{11})(1 - \Gamma_G s_{22}) - s_{12} s_{21} \Gamma_G \Gamma_L|^2},$$

де  $\Gamma_G$  та  $\Gamma_L$  — коефіцієнти відбиття передавальної та приймальної антени, які визначаються як:

$$\Gamma_G = \frac{Z_G - Z_0}{Z_G + Z_0}, \quad \Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}.$$

Для моделювання безпроводової системи передавання енергії було використано програмне забезпечення *CST STUDIO SUITE*.

За допомогою даного пакету досліджено вплив матеріалу рефлектора на характеристики передавальної антени.

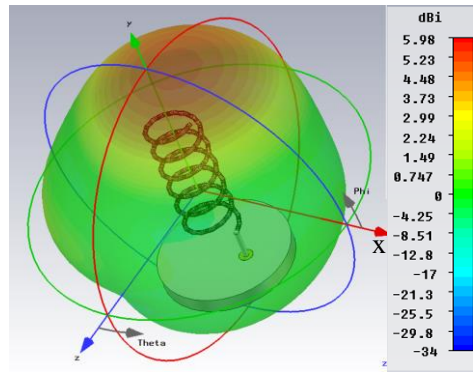


Рисунок 1. Передавальна антена та конфігурація випромінюваного електромагнітного поля на частоті 600 МГц

Параметр  $S_{11}$  є комплексним числом, модуль якого показує скільки енергії відбилося від антени, і називається коефіцієнтом відбиття. При значенні  $S_{11} = 0$  дБ вся подана енергія відбивається від антени і нічого не випромінюється, при довільному значенні  $S_{11}$ , кількість відбитої енергії визначається як  $P_{\text{в}} = P_{\text{п}} + S_{11}$ . Наприклад, при значенні  $S_{11} = -10$  дБ та поглинутій потужності 3 дБ, кількість відбитої енергії складає  $-7$  дБ. Поглинута енергія може випромінюватись або розсіюватись, перетворюючись на інші види енергії (наприклад, теплову).

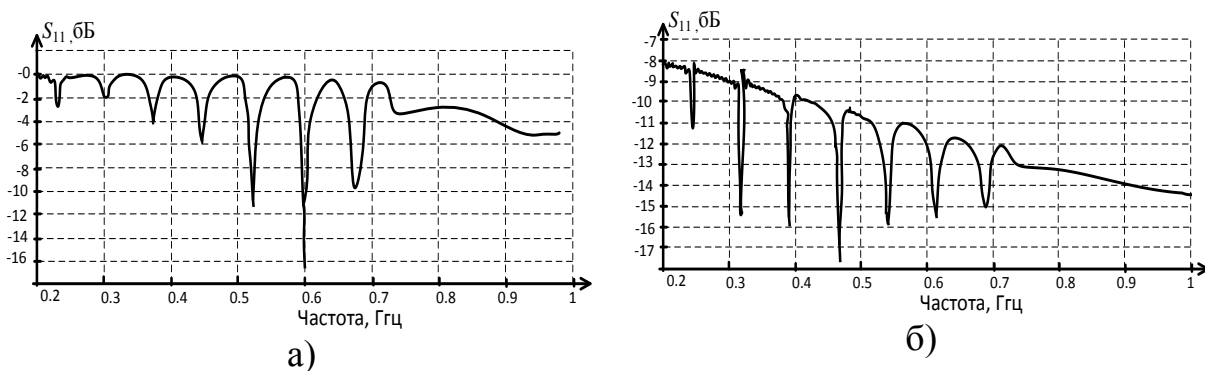


Рисунок 2. Залежність параметра  $S_{11}$  від матеріалу рефлектора: а) — при використанні ідеального провідника в якості рефлектора, б) — без рефлектора

Сучасні антени проектуються з використанням матеріалів з малими втратами енергії, тому майже вся невідбита енергія випромінюється у простір. З графіка видно (рис. 2,а), що найбільш ефективно антена працює на частоті 600 МГц, а при відсутності рефлектора залежність  $S_{11}(f)$  змінюється. Ефективність роботи такої антени (рис. 2,б) збільшується на 2 дБ, але на іншій частоті сигналу (480 МГц). Враховуючи те, що енергія в такому випадку буде поширюватись в двох протилежних напрямках, використовувати таку конфігурацію недоцільно.

Як бачимо, рефлектор має серйозний вплив на властивість антени випромінювати енергію. Наприклад, для матеріалу з властивостями морської води, електропровідність якої  $g = 3$  См/м, характеристика має вигляд, що показаний на рис 3,а, а для вологої землі ( $g = 10^{-2}$  См/м) – на рис. 3,б.

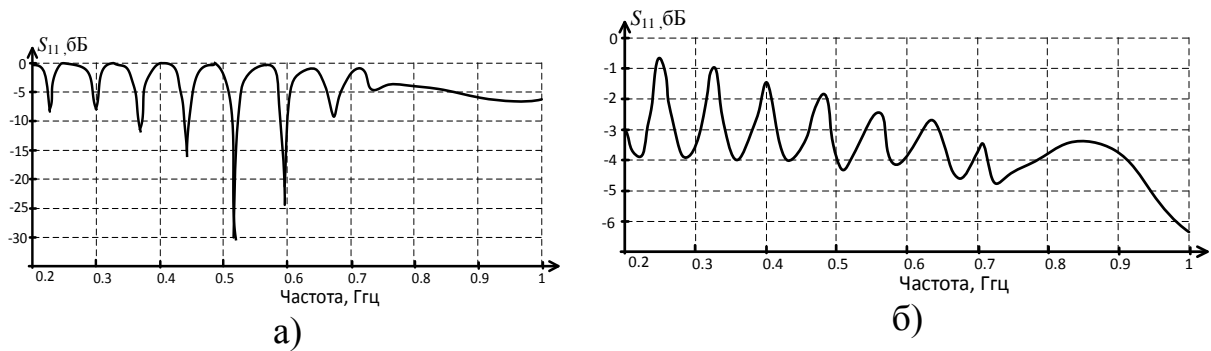


Рисунок 3. Залежність параметра  $S_{11}$  від матеріалу рефлектора: а) — при використанні морської води в якості рефлектора, б) — вологої землі

З рисунка слідує, що ефективність антени у першому випадку буде максимальною на частоті 510 МГц, а для вологої землі антена працює дуже неефективно.

На основі проведеного дослідження можна зробити висновок, що вибір матеріалу рефлектора антени є важливою задачею, оскільки від цього залежить ефективність її роботи.

В залежності від електропровідності матеріалу антена має різні характеристики. І якщо для матеріалів з високою провідністю (мідь, алюміній, золото) залежність  $S_{11}$  від частоти практично відсутня, то для матеріалів з низькою провідністю вона суттєво нелінійна.

#### Перелік посилань

1. S. J. Orfanidis “Electromagnetic waves and antennas”, ECE Department Rutgers University, NJ 08854-8058, 2008
2. Wireless Power Transfer - Principles and Engineering Explorations Edited by Ki Young Kim, ISBN 978-953-307-874-8, Hard cover, 272 pages, Publisher: InTech, Published: January 25, 2012 under CC BY 3.0 license.

#### Анотація

Розглянуто математичну модель процесу безпроводового передавання енергії, досліджено вплив матеріалу рефлектора на ефективність передачі енергії електромагнітним шляхом.

Ключові слова:  $S$ -параметри, безпроводова передача енергії, рефлектор, ефективність.

#### Аннотация

Рассмотрена математическая модель процесса беспроводной передачи энергии, исследовано влияние материала рефлектора на эффективность передачи энергии электромагнитным путем.

Ключевые слова:  $S$ -параметры, беспроводная передача энергии, рефлектор, эффективность.

#### Abstract

The abstracts describes a mathematical model of the process of the wireless energy transfer, the influence of the material of the reflector on the efficiency of energy transfer by electromagnetic.

Keywords:  $S$ -parameters, wireless energy transfer, reflector efficiency.