

## ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІРІВ ТА ПОЛОЖЕННЯ ЩІЛИНИ ШИРОКОСМУГОВОГО ХВИЛЕВІДНО-ЩІЛИННОГО ОПРОМІНЮВАЧА АНТЕНИ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМУМА КОЕФІЦІЄНТА ВІДБИТТЯ

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова

### *Анотація*

*Запропоновано методику оптимізації розмірів та положення щілини широкосмугового хвилевідно-щілинного опромінювача антени. Обґрунтовано введення та аналітичний опис інтегрального коефіцієнта відбиття в заданому діапазоні частот. Результати дослідження доцільно використовувати при синтезі (проектуванні) широкосмугових хвилевідно-щілинних опромінювачів зі зменшеними втратами потужності сигналу.*

**Ключові слова:** прямокутний хвилевід, хвилевідно-щілинний опромінювач, хвилевідно-щілинна антена (ХЩА), коефіцієнт відбиття.

### *Abstract*

*The method of slot size and position optimization of wideband slotted waveguide antenna exciter is proposed. Introduction and the analytical description of integral reflection coefficient from waveguide slot in specified frequency range are justified. Researching results are reasonable to be used in synthesis (designing) of broadband slotted waveguide antenna exciters with reduced losses of signal power.*

**Keywords:** rectangular waveguide, slot, slotted waveguide exciter, slotted waveguide antenna, reflection coefficient.

Дзеркальні антени широко застосовуються в різних радіоелектронних засобах, як одні із кращих типів високоспрямованих антен. Важливим елементом дзеркальної антени є опромінювач, який в значній мірі визначає її параметри та характеристики [1]. Серед інших, в якості опромінювачів однодзеркальних антен доцільно застосовувати хвилевідно-щілинні антени, які мінімізують тінювий ефект. Проте є проблема у втраті потужності сигналу в опромінювачі через неузгодження вхідного опору щілини та хвильового опору хвилеводу. Ступінь розузгодження щілини з хвилеводом можна охарактеризувати коефіцієнтом відбиття від щілини. Мінімізувати коефіцієнт відбиття від щілини можна шляхом зміни її геометричних розмірів і положення, що є функціями частоти (довжини хвилі) [1]. Тому для широкосмугового хвилевідно-щілинного опромінювача цей підхід має труднощі [2].

Для оптимізації геометричних розмірів та параметрів антен застосовуються різні методи, в тому числі генетичні алгоритми, алгоритми оптимізації, що використовують метод Тегучі та його модифікації, метод “Роя пчел” [3] та ін. Проте, питання оптимізації розмірів та положення щілини широкосмугового хвилевідно-щілинного опромінювача антени за критерієм мінімуму коефіцієнта відбиття залишаються недослідженими.

Отже, невирішеною частиною загальної проблеми синтезу хвилевідно-щілинних опромінювачів є удосконалення методики оптимізації розмірів та положення щілини широкосмугового опромінювача для зменшення коефіцієнта відбиття.

Метою є удосконалення методики оптимізації розмірів і положення щілини широкосмугового хвилевідно-щілинного опромінювача, а також аналіз отриманих результатів.

Для забезпечення мінімізації втрат потужності сигналу в заданому діапазоні частот  $[f_{\min}, f_{\max}]$  вводиться інтегральний коефіцієнт відбиття в цьому діапазоні  $\overline{\Gamma}_{\text{ex}}$  [2]. Задача оптимізації розмірів та положення щілини широкосмугового хвилевідно-щілинного опромінювача антени за критерієм мінімуму коефіцієнта відбиття описується наступним чином:

$$\overline{\Gamma}_{\text{ex}}(\ell, \Delta, z_1, x_1, \theta) \rightarrow \min. \quad (1)$$

де  $\ell$  – довжина щілини;  $\Delta$  – ширина щілини;  $z_1, x_1$  – координати положення центру щілини;  $\theta$  – кут нахилу щілини. Овальною вимогою до методу знаходження екстремума (1) є гарантованість рішення задачі, при цьому обчислювальні (часові) затрати не принципові. Тому задача оптимізації (1) з урахуванням системи обмежень може бути вирішена методом повного перебору [4, 5] (із обраним кроком) значень параметрів  $\ell, \Delta, z_1, x_1, \theta$  з визначенням їх оптимальних значень  $\widehat{\ell}, \widehat{\Delta}, \widehat{z}_1, \widehat{x}_1, \widehat{\theta}$  за мінімумом  $\overline{\Gamma_{ex}}$ , тобто:

$$\left(\widehat{\ell}, \widehat{\Delta}, \widehat{z}_1, \widehat{x}_1, \widehat{\theta}\right) = \arg \min \left[ \frac{1}{f_{\max} - f_{\min}} \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} \Gamma_{ex}(f, \ell, \Delta, z_1, x_1, \theta) df \right]. \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \ell &\in (0; a] \\ \Delta &\in (0; a/2] \\ z_1 &\in [0; 2a] \\ x_1 &\in [0; a/2] \\ \theta &\in [0; \pi/2] \end{aligned}$$

де  $a$  – розмір широкої стінки прямокутного хвилеводу.

Відповідно, методика оптимізації розмірів та положення щілини ширококутового хвилевідно-щілинного опромінювача включає:

1. Перебір (з визначеним кроком) значень параметрів, які оптимізуються  $(\ell, \Delta, y_1, z_1, \theta)$ , з урахуванням системи обмежень, що вказана у формулі (2).

2. Розрахунок інтегрального коефіцієнта відбиття  $\overline{\Gamma_{ex}}$  в заданому діапазоні частот для кожного набору значень  $\ell, \Delta, y_1, z_1, \theta$ .

3. Визначення оптимальних розмірів та положення щілини ширококутового хвилевідно-щілинного опромінювача (оптимальних значень параметрів  $\widehat{\ell}, \widehat{\Delta}, \widehat{z}_1, \widehat{x}_1, \widehat{\theta}$ ) як таких, за яких досягається мінімальне значення  $\overline{\Gamma_{ex}}$ .

Практичним значенням результатів дослідження є можливість синтезу (проекування) ширококутових хвилевідно-щілинних опромінювачів зі зменшеними втратами потужності сигналу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фельд Я. Н. Основы теории антенн / Я. Н. Фельд, Л. С. Бененсон. – М. : Дрофа, 2007. – 491 с.
2. Карашук Н. М. Методика розрахунку електродинамічних характеристик щілини довільних розмірів та положення, прорізаної в стінках прямокутного хвилеводу / Н. М. Карашук // Проблеми створення, випробування та застосування складних інформаційних систем: зб. наук. праць. – Житомир: ЖВІ, 2016. – Вип. 13. – С. 73–84.
3. Charbonneau P. Genetic Algorithms PIKAIA [Электронный ресурс] // P. Charbonneau Département de Physique Université de Montréal. – Режим доступа: [www.hao.ucar.edu/public/research/si/pikaia/pikaia.html](http://www.hao.ucar.edu/public/research/si/pikaia/pikaia.html). – Дата доступа: 14.12.2016.
4. Ковтуненко А. П. Основы анализа сложных технических систем. Теория и приложения: Монография / А. П. Ковтуненко, В. В. Зубарев. – К. : НАУ, 2009. – 483 с.
5. Sierra-Castaner M. Double-Beam Parallel-Plate Slot Antenna / M. Sierra-Castaner, M. Vera-Isassa, M. Sierra-Perez, J. L. Fernandez-Jambrina // IEEE Trans. Antennas Propag. – 2005. – Vol. 53, N.3. – P. 977 – 984.

**Карашук Наталія Миколаївна** — науковий співробітник наукового центру, Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, Житомир, e-mail: knm7@ukr.net.

**Черкес Олена Петрівна** – молодший науковий співробітник наукового центру, Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, Житомир.

Науковий керівник: **Манойлов В'ячеслав Пилипович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки та телекомунікацій, Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир.

**Karashchuk Nataliia Mykolaivna** – research worker of scientific center, Zhytomyr military institute named after S. P. Korolyov, Zhytomyr, e-mail: knm7@ukr.net.

**Cherkes Olena Petrivna** – junior research worker of scientific center, Zhytomyr military institute named after S. P. Korolyov, Zhytomyr.

Scientific adviser: **Manoilov V'iacheslav Pylypovych** - D.E., professor, chief of radio engineering and telecommunication department, Zhytomyr State technological university, Zhytomyr.