

**Техніка та пристрої НВЧ діапазону. Антенна техніка**

ція нейронної мережі дозволяє змінювати дискретизацію по частоті або додавати нові електродинамічні параметри, наприклад, ширину діаграми випромінювання, рівень бічних пелюсток, тощо. Синтезована антена має відмінні електродинамічні характеристики та технологічні якості і може бути рекомендована стати для використання у комунікаційних мережах.

**Література**

1. Aiello G.R., Rogerson G.D. Ultra-wideband wireless systems // IEEE Microwave Magazine. – 2003. – № 4. – P. 36-47.
2. Brown G.H., Woodward O.M. Experimentally determined radiation characteristics of conical and triangular antennas // RCA Review. – 1952. – Vol.13. – P. 425-452.
3. Kurt L. Shlager, Glenn S. Smith, James G. Maloney. Optimization of bow-tie antennas for pulse Radiation//IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 1994. №7. P. 975-982.
4. Lestari A., Yarovoy A., Lighthart L. RC-loaded bow-tie antenna for improved pulse radiation//IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 2004. V.52. №10. P.2555-2563.
5. Katsuki Kiminami, Akimasa Hirata, Toshiyuki Shiozaw. Double-Sided printed bow-tie antenna for UWB communications // IEEE Antennas and Wireless Prop. Let. 2004. V.3.
6. Abdelnasser A. Eldek, Afef Z. Elsherbeni, Charles E. Smith. Microstrip-fed printed lotus antenna for wideband wireless communication systems // IEEE Antennas and Propagation Magazine.–2004.–Vol.46. – №.6. – P. 164-173.
7. Vasylenko D.O., Dubrovka F.F., Edenhofer P. Contour optimization of a planar broadband dipole using genetic algorithms // Int. Conf. on Antenna Theory and Techniques, September 2007, P. 247-249.
8. Дубровка Ф.Ф., Василенко Д.О. Нейронно-генетичний метод синтезу антен та пристроїв НВЧ // Вісник НТУУ "КПІ". Серія: Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2008. – Вип.36. – С. 63-69.
9. Haykin S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. – Prentice Hall PTR Upper Saddle River. – New York, 1994.
10. Balanis C. A. Antenna theory analysis and design. Harper & Row. New York, 1982.

<b>Ключові слова:</b> антена, синтез антен, розрахунок антен, ультраширокопосмугові антени	
Дубровка Ф.Ф., Василенко Д.А.	Dubrovka F.F., Vasylenko D.O.
<b>Синтез ультраширокополосной планарной дипольной bow-tie антенны нейронно-генетическим методом</b>	<b>Synthesis of ultrawideband planar dipole bow-tie antenna by neural-genetic method</b>
Представлены результаты синтеза ультраширокополосной (3.1–10.6 ГГц) плоской дипольной антенны типа "bow-tie". Оптимальный дизайн достигается соответствующей модификацией линейного профиля обычной "bow-tie" антенны. Теоретические результаты подтверждены экспериментом.	Results of a synthesis of the ultrawideband (3.1–10.6 GHz) planar dipole bow-tie antenna are presented. The optimal design is achieved by properly modifying the linear contour profile of the conventional bow-tie antenna. Theoretical results were verified by measurements.

УДК 621.372.82

## РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБКИ МІКРОХВИЛЬОВОЇ ПЕЧІ ДЛЯ ОЗОЛЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

*Найденко В. І., Шумаков Д. С., Лебедєв О. О.*

*Визначено розміри та спосіб опромінення камери для озолення харчових продуктів, розташування в ній посудин з досліджуванним продуктом.*

**Вступ. Постановка задачі**

При озоленні продуктів харчування під час контролю за вмістом радіаційних речовин наразі використовуються сушильні шафи, газові пальники та муфельні печі. Процес озолення триває декілька діб, затримує продукти на митниці, що зменшує харчові характеристики або призводить до псу-

вання деяких продуктів. Це обумовлює актуальність досліджень, спрямованих на зменшення часу контролю за вмістом радіонуклідів. Один із варіантів зменшення часу озолення полягає у використанні мікрохвильових способів озолення. Процесу озолення передуює процес видалення вологи з харчового продукту. Зменшення вологи призводить до зменшення уявної частини діелектричної проникності і, як наслідок, до зменшення навантаження джерела енергії мікрохвиль. Таким джерелом, зазвичай, є побутовий магнетрон. До магнетронів такого типу при експлуатації висувається вимога максимального КСХН навантаження не більше чотирьох. Розгляд подібної задачі виконано в [1]. Нижче розглядається більш реальна конструкція камери для озолення харчових продуктів.

### Визначення способу опромінення камери

Магнетрон працює на частоті 2450 МГц. Допускаються відхилення частоти генерації на  $\pm 25$  МГц, тобто інтервал частот становить від 2425 до 2475 МГц. Розрахунки проведені в середовищі *CST Microwave Studio 5.0*. Для збільшення однорідності поля опромінювання камери здійснимо декількома (чотирма) хвилеводами, що розташовані на верхній стінці камери. Запропонований спосіб опромінювання камери можна реалізувати з використанням 4 магнетронів потужністю 0.9 кВт з повітряним охолодженням. Проте використання лише одного магнетрону потужністю 3 кВт з повітряним охолодженням є доцільнішим. Але для збільшення однорідності поля бажано поділити енергію на декілька каналів і збуджувати камеру розподіленим джерелом. Отже, потрібно розробити опромінюючу структуру,

Рис. 2

яка розподілить електромагнітну енергію магнетрона на рівні (чотири) частини. Розглянемо опромінюючу структуру, конструкція якої наведена на рис.1. Це є модифікація структури, використаної в попередніх розробках мікрохвильових камер. Стінки заповненого повітрям опроміювача зроблені з провідного матеріалу ( $\sigma=5.6 \times 10^7$  См/м). Висота хвилеводу 45 мм, ширина 90 мм, відстань між щілинами - половина довжини хвилі в хвилеводі

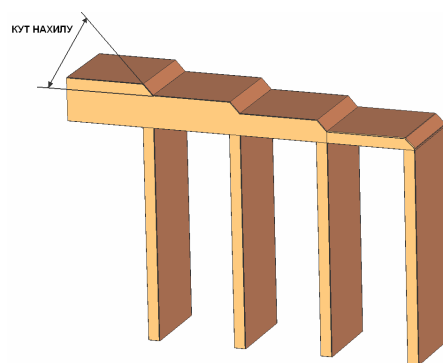


Рис. 1

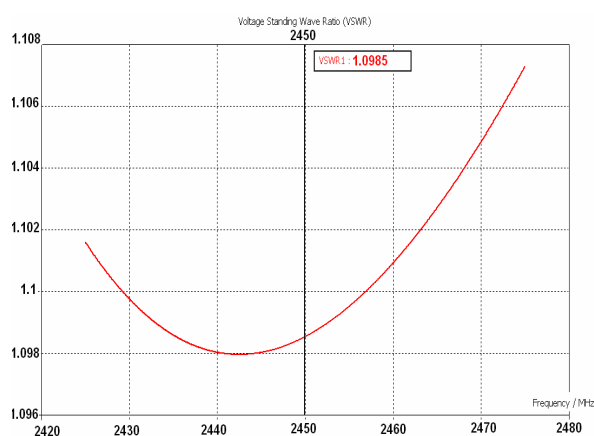
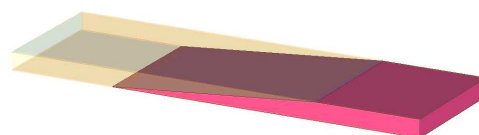


Рис. 3

на частоті 2450 МГц, тобто 83 мм. Визначимо КСХ цієї структури в діапазоні частот від 2425 до 2475 МГц. Для цього навантажимо кожну з 4-х її щілин на узгоджені хвилеводи (рис. 2), які заповнені діелектриком ( $\epsilon=4$ ,  $\mu=1$ ,  $\sigma=0.15$  См/м) та повітрям ( $\epsilon=1$ ,  $\mu=1$ ), а стінки зроблені з провідного матеріалу ( $\sigma=5.6 \times 10^7$  См/м). Висота—11.25мм, довжина—300мм, ширина—90мм. КСХ хвилеводу в даному діапазоні частот - рис. 3. При розрахунках КСХ даного опромінювача вирішальними є кути нахилу його частин, що ділять потік енергії на 4 рівні частини. Змінюючи кути нахилу (рис. 1), розраховуємо КСХ в діапазоні частот від 2425 до до 2475 МГц та шукаємо такі параметри опромінювача, при яких КСХ був би найменшим. Спочатку знаходимо кут нахилу, при якому частина опромінювача, що розташована найбільш далеко від вхідного порту (див. рис. 4), має найменший КСХ. Розрахунок показує, що мінімальний КСХ отримуємо при куті нахилу  $44.28^\circ$  і в даному діапазоні частот знаходиться в межах від 1.029 (при частоті 2425 МГц) до 1.127 (при частоті 2475 МГц), що підтверджується [2].

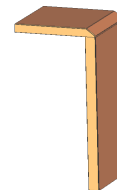


Рис. 4

Змінюючи водночас кути нахилу інших трьох частин, розраховуємо КСХ опромінювача в даному діапазоні частот. Залежність КСХ від кутів нахилу на частоті 2450 МГц показана на рис.5. Мінімальний КСХ даного опромінювача на частоті 2450 МГц маємо при кутах нахилу  $70.43^\circ$ , для інтервалу частот від 2425 МГц до 2475 МГц – рис.6

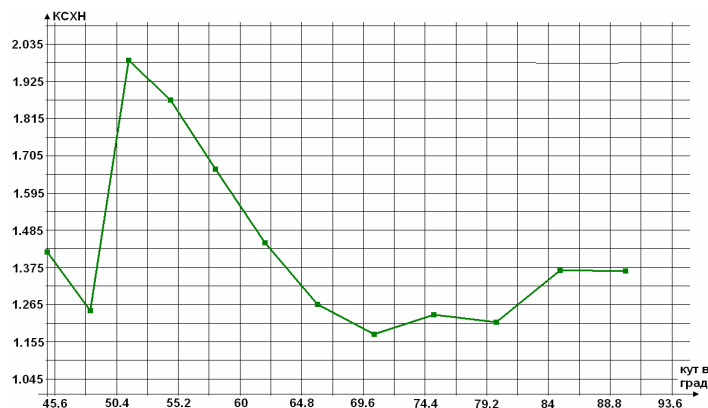


Рис. 5

Збудження круглої або прямокутної камери структурою, показаною на рис.1, є недоречним. Таке збудження не забезпечить однорідності поля. Тому змінимо опромінюючу структуру на структуру, показану на рис. 7. Вона є структурою на рис. 1 зі згорнутою частиною в області поділу енергії.

Знайдемо мінімальний КСХ опромінюючої структури за умови однакового амплітудного розподілу поля на апертурах зв'язку з чотирма узгодженими хвилеводами. Для цього також визначимо значення кутів нахилу частин опромінювача, що мають ділити потік електромагнітної енергії

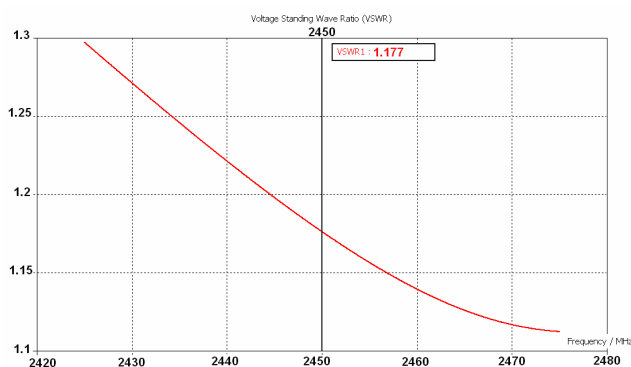


Рис. 6

на 4 рівні частини. При кутах нахилу  $60^\circ$  маємо КСХ опромінювача на основній частоті (2450 МГц) 1.536, при кутах  $45^\circ$  отримуємо КСХ=1.445. Проте в обох цих випадках маємо нерівний розподіл енергії між хвилеводами, який наведений на рис. 8, наприклад, для кутів у  $60^\circ$  та КСХ=1.536.

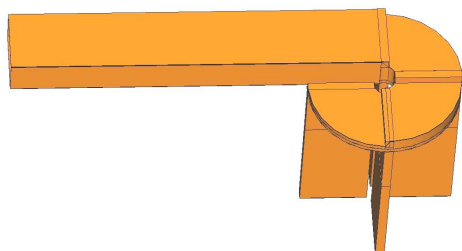


Рис. 7

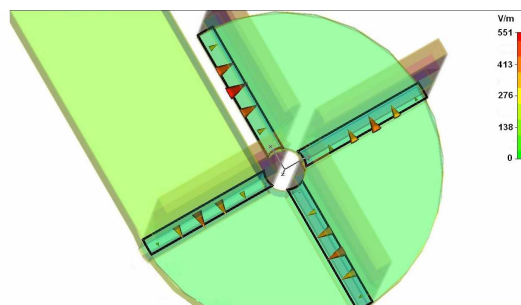


Рис. 8

Майже однаковий розподіл енергії між хвилеводами (значення амплітуд відрізняються на 7%) отримано при кутах нахилу перших (відлік ведеться від опромінюючого порту) двох частин опромінювача  $72.2^\circ$ , кут нахилу третьої частини становить  $60^\circ$ , четвертої  $45^\circ$ . КСХ такої структури на основній частоті дорівнює 1.464 (див. рис.9). Опромінююча структура з даними параметрами використовується в подальших розрахунках.



Рис. 9

### Визначення розмірів камери

Застосуємо теорію відкритих резонаторів для визначення розмірів камери для озолення харчових продуктів. Відомо [3,4], що відкриті резонатори зі сферичними дзеркалами мають потенційно високу добротність, особливо щодо дифракційної добротності. Обмеження поля каустичними поверхнями призводить до високої добротності коливань, які мало чутливі до малих деформацій, проте це не стосується випадку відкритого конфокального резонатора зі сферичними дзеркалами. Тому будемо використовувати майже конфокальний резонатор, який може мати більші дифракційні втрати, проте є стійкішим. На рис. 10 наведено схематичне зображення відкритого майже конфокального резонатора зі сферичними дзеркалами, які вставлені в прямокутний резонатор (камеру). Умова резонансу резонатора має вигляд [3]:

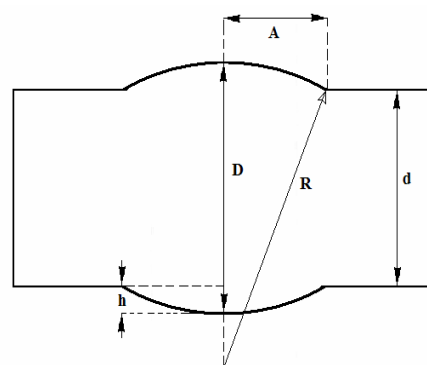


Рис. 10



$$f = \frac{c}{2D} \left[ q + 1 + \frac{1}{\pi} (1 + m + 2n) \arccos \left( 1 - \frac{D}{R} \right) \right], \quad (1)$$

де  $q$  – число півхвиль уздовж поздовжньої осі,  $m, n$  – уздовж поперечних координат.

Розподіл стоячих хвиль між майже конфокальними дзеркалами показано на рис. 11. Розрахована відстань між дзеркалами  $D=0.508$  м, радіус кривини  $R=0.659$  м. Це гарантує, що робоча мода на частоті 2450 МГц матиме  $m=2, n=0, q=6$ . Вертикальний розмір резонатора  $d=0.230$  м, підйом найвищої точки дзеркала над його краями  $h=0.139$  м, а відстань від нього до країв дзеркала  $A=0.404$  м. Розташуємо посудини з досліджуваним харчовим продуктом посередині площини між дзеркалами, тобто в місці максимуму поля. Отримана структура представлена на рис. 12 та рис. 13.

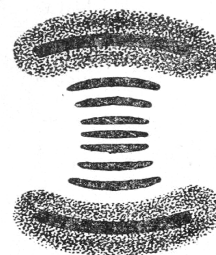


Рис. 11

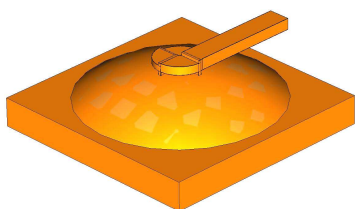


Рис. 12

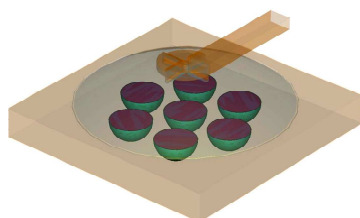


Рис. 13



Рис. 14

Як поглинальний матеріал використано провідну кераміку КТ-30 ( $\epsilon=30, \sigma=0.7$  См/м), яка дозволяє нагрівати камеру до  $1000^\circ\text{C}$  в вакуумі та до  $400^\circ\text{C}$  – заповнену повітрям. Поглинальні властивості кераміки КТ-30 мало залежать від температури, вона швидко охолоджується [5].

Амплітудний розподіл поля в площині  $uz$ , площині  $ux$  та над посудинами представлений відповідно на рис. 14, 15, та 16.

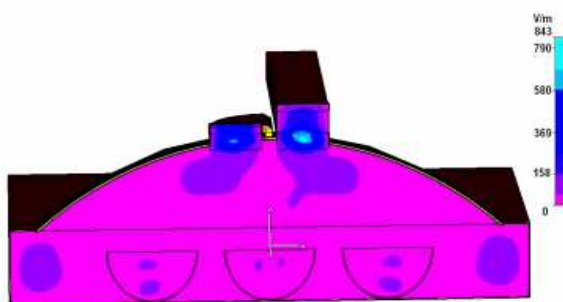


Рис. 15

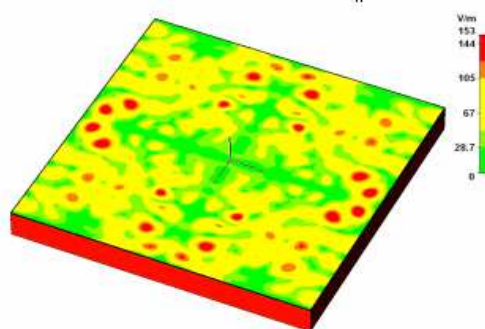


Рис. 16

Видно, що електромагнітне поле досить добре поглинається посудинами з продуктом, проте по краях камери його амплітуда значна, що свідчить про незадовільне фокусування дзеркалом.

### Висновки

Запропоновано конструкцію опромінюючої структури печі для озолен-

ня харчових продуктів мікрохвильовою енергією на частоті 2450 МГц, яка розподіляє енергію електромагнітного поля магнетрона на чотири рівні частини. Опромінююча структура на частоті 2450 МГц має КСХ=1.464, камера має КСХ=3.52. Проведено розрахунок електромагнітних полів в камері при даному розташуванні в ній посудин з досліджуванним продуктом. Основною задачею подальших досліджень потрібно вважати пошук радіуса дзеркала для зменшення електромагнітного поля поза межами дзеркала, на стінках камери та зменшення КСХ.

#### Література

1. Найдено В.І., Суліма Є.А., Шумаков Д.С., Лебедев О.О. Розрахунок електромагнітних полів в пристрої для озонення харчових продуктів//Вісник НТУУ «КПІ» Серія – Радіотехніка Радіоапаратобудування, -2007. – Вип. 35. – 157 с.
2. Резонансное рассеивание волн. Т. 2. Волноводные неоднородности/ Шестипалов В.П., Кириленко А.А., Рудь Л.А. – Киев: Наук. Думка, 1986. - 216 с.
3. Shi Cheng, oth. Reduction of the coupling to external sources and modes of propagation by a nearly confocal resonator, IEEE Trans. on MTT, v.55, № 10, Oct.2007.
4. Вайнштейн Л.А. Открытые резонаторы и открытые волноводы, М. Сов.радио, 1966.
5. Волков В.Н., др. Высокочастотная нагрузка высших мод одномодового резонатора на 178 МГц./Ин-т ядерной физики им. Г.И. Будкера. 630090, Новосибирск, 2002.

<b>Ключові слова:</b> мікрохвильова піч, озонення продуктів, електромагнітне поле	
Найдено В.И., Шумаков Д.С., Лебедев А.А.	Najdenko V.I., Shumakov D.S., Lebedev A.A.
<b>Результаты разработки микроволновой печи для озонения пищевых продуктов</b>	<b>Results of development of microwave stove for food products' incinerating</b>
Определены размеры и способ облучения камеры для озонения пищевых продуктов, размещения в ней емкостей с продуктом	The calculation sizes and the electromagnetic radiation in a stove at given location of vessels with the explored product is conducted.

УДК 621.3.029.6

## ШИРОКОСМУГОВІ НЕВЗАЄМНІ ПАСИВНІ ПРИСТРОЇ ДІАПАЗОНУ ДУЖЕ ВИСОКИХ ЧАСТОТ

*Вунтесмері В.С., Стоколос М.О.*

*Розглянуто класифікацію невзаємних пасивних пристроїв та проведено короткий опис їх конструкцій та характеристик. Проаналізовано сучасний стан невзаємних пасивних феритових пристроїв діапазону дуже високих частот та узагальнені напрямки подальшого вдосконалення основних технічних характеристик.*

Відомо, що до невзаємних пасивних мікрохвильових пристроїв відносять такі пристрої як циркулятори та вентилі [1,2]. За десятиліття з моменту їх винаходу [3,4] зроблено багато типів цих пристроїв, що відрізняються за конструкцією, способом роботи та властивостями, але усі вони базуються на особливих властивостях матеріалу, що в них застосовується, а саме – фериту. Тому не в останню чергу характеристики цих пристроїв залежать від характеристик феритів, що застосовуються для їх побудови.

### Конструктивні особливості невзаємних пристроїв

#### *Резонансний вентиль*

Принцип роботи резонансного вентиля базується на явищі невзаємного поглинання при феромагнітному резонансі [5]. Такий вентиль являє собою ділянку прямокутного хвилеводу із феритовим зразком всередині, який під-