

УДК 621.372.54

**ВХІДНІ ІМПЕДАНСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
МІКРОСМУЖКОВИХ СТРУКТУР<sup>1</sup>****Назарько А. І., к.т.н., доцент; Водолазька М. В., аспірантка;****Біденко П. С., аспірант; Нелін Є. А., д.т.н., професор***Національний технічний університет України**«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна, ye.nelin@gmail.com***INPUT IMPEDANCE CHARACTERISTICS  
OF MICROSTRIP STRUCTURES**

*Nazarko A. I., PhD, Associate Professor; Vodolazka M. V., Postgraduate student;  
Bidenko P. S., Postgraduate student; Nelin E. A., Doctor of Engineering, Professor  
National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine,  
ye.nelin@gmail.com*

**Вступ**

Мікросмужкові пристрої широко застосовують в радіоелектронних системах різного призначення. Один з напрямків розвитку мікросмужкових структур — використання електромагнітних кристалів (ЕК), а також окремих ЕК-неоднорідностей. Традиційні ЕК-неоднорідності виконують двовимірними у вигляді отвору або щілини різної форми в металізованій поверхні або в сигнальному провіднику [1–3]. За характером еквівалентного хвильового імпедансу такі неоднорідності високоімпедансні зі значенням імпедансу  $Z \lesssim 210 \text{ Ом}$  [4]. Це вдвічі вище верхньої межі діапазону імпедансів традиційних мікросмужкових структур, який обумовлений допустимою шириною сигнального провідника і становить приблизно 20...100 Ом [5].

В [6–8] запропоновано тривимірні ЕК-неоднорідності, що поєднують неоднорідності в металізованій поверхні, у діелектрику та на сигнальній поверхні. За характером імпедансу тривимірні ЕК-неоднорідності як високоімпедансні, так і низькоімпедансні. Високоімпедансна неоднорідність являє собою наскрізний отвір з нависним провідником, а низькоімпедансна — ненаскрізний металізований отвір. Діапазон імпедансів становить 4...400 Ом, що свідчить про значне зростання взаємодії з хвилею.

Зазначимо, що аналогічно тому, як хвильовий імпеданс середовища характеризує реакцію середовища на хвильове збурювання, вхідний імпеданс структури характеризує реакцію структури на хвильове збурювання. Вхідні імпедансні залежності мають фундаментальні та характерні для структури особливості. Внаслідок принципу причинності активна і реактивна складові вхідного імпедансу зв'язані перетворенням Гільберта. Характерні особливості обумовлені, перш за все, власними (резонансними) значення-

---

<sup>1</sup> Електронний варіант статті: <http://radap.kpi.ua/radiotechnique/article/view/1056>

ми частоти (або енергії для квантово-механічних хвиль).

Хвильові структури звичайно характеризують частотними залежностями S-параметрів, а не вхідного імпедансу. Так, у програмному пакеті тривимірного електромагнітного моделювання CST Microwave Studio (MWS) розраховуються лише S-параметри. В [1] приведено значну кількість характеристик S-параметрів, а вхідні імпедансні характеристики жодного разу не розглядаються.

Звернемо увагу, що S-параметри залежать від імпедансу середовища на вході структури. Вхідні імпедансні характеристики не залежать від середовища на вході, що помітно розширює можливості аналізу і синтезу структури. Вхідні імпедансні характеристики дозволяють визначити умови узгодження, необхідні для мінімізації значення коефіцієнта стоячої хвилі (КСХ), проаналізувати вплив втрат та реактивностей, обумовлених неоднорідностями сигнального провідника. В [9] в результаті аналізу особливостей вхідних імпедансних характеристик встановлено додаткові умови резонансного проходження хвиль для двобар'єрних структур.

Метою статті є дослідження вхідних імпедансних характеристик ЕК- та традиційних мікросмужкових неоднорідностей, а також фільтра на основі ЕК-неоднорідностей. Для спрощення перетворень будемо використовувати імпеданси, нормовані до номінального значення (50 Ом).

### **Характеристики коефіцієнта проходження**

Традиційні мікросмужкові неоднорідності — широкий або вузький відрізок смужкового провідника відповідно з низьким або високим хвильовим імпедансом. Такі неоднорідності при довжині відрізка  $l < \lambda / 8$  ( $\lambda$  — довжина хвилі) застосовують як квазісосереджені ємність і індуктивність.

Низькоімпедансна ЕК-неоднорідність — ненаскрізний металізований круглий отвір з боку сигнальної поверхні [8] (див. вставку на рис. 1).

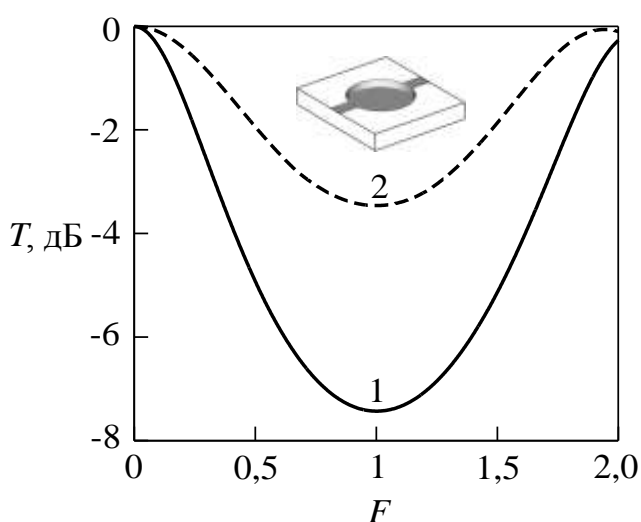


Рис. 1. Характеристики коефіцієнта проходження ЕК- (1) та традиційної (2) неоднорідностей.

відника,  $l = w = D$ , де  $w$  — ширина відрізка. Матеріал основи — Rogers

На рис. 1 приведено характеристики коефіцієнта проходження низькоімпедансних ЕК- та традиційної неоднорідностей, розраховані в програмно-му пакеті MWS;  $F = f / f_m$ , де  $f_m$  — частота мінімуму коефіцієнта проходження  $T_m$ . Параметри ЕК-неоднорідності: діаметр  $D = 5$  мм, глибина неоднорідності 0,64 мм. Традиційна неоднорідність — відрізок смужкового про-

RO3010, товщина  $h = 1,28$  мм, відносна діелектрична проникність  $\epsilon = 10,2$ , тангенс кута діелектричних втрат  $0,0023$  на частоті  $10$  ГГц, товщина металізації  $0,035$  мм.

Значення  $T_M$  і  $f_M$  для залежностей 1 і 2 дорівнюють відповідно  $-7,43$  і  $-3,46$  дБ,  $5,23$  і  $5,19$  ГГц.

З залежностями 1 і 2 практично співпадають залежності згідно моделі відрізка лінії передачі (ЛП). Параметри відрізка:  $l = D$ ; значення еквівалентних імпедансу  $Z$  і відносної діелектричної проникності  $\epsilon_e$  визначаються значеннями відповідно  $T_M$  і  $f_M$ . Значення  $Z$  ЕК- та традиційної неоднорідностей дорівнюють відповідно  $0,223$  і  $0,386$ . Значення  $T_M$  і  $Z$  визначають ефективність неоднорідності. Ефективність ЕК-неоднорідності суттєво вища традиційної.

### Вхідні імпедансні характеристики низькоімпедансних неоднорідностей

Вхідний імпеданс знайдемо зі значень параметра  $S_{11}$ , отриманих в пакеті MWS. Коефіцієнт відбиття (параметр  $S_{11}$ ) і вхідний імпеданс  $Z_B$  зв'язані формулою

$$R = \frac{Z_B - 1}{Z_B + 1}. \quad (1)$$

В результаті перетворень з (1) отримаємо

$$Z_B = \frac{1 - |R|^2 + 2i \operatorname{Im} R}{1 + |R|^2 - 2 \operatorname{Re} R}, \quad (2)$$

де  $\operatorname{Re} R$  і  $\operatorname{Im} R$  — дійсна і уявна частини  $R$ .

На рис. 2 приведено залежності активної  $\operatorname{Re} Z_B$  і реактивної  $\operatorname{Im} Z_B$  скла-

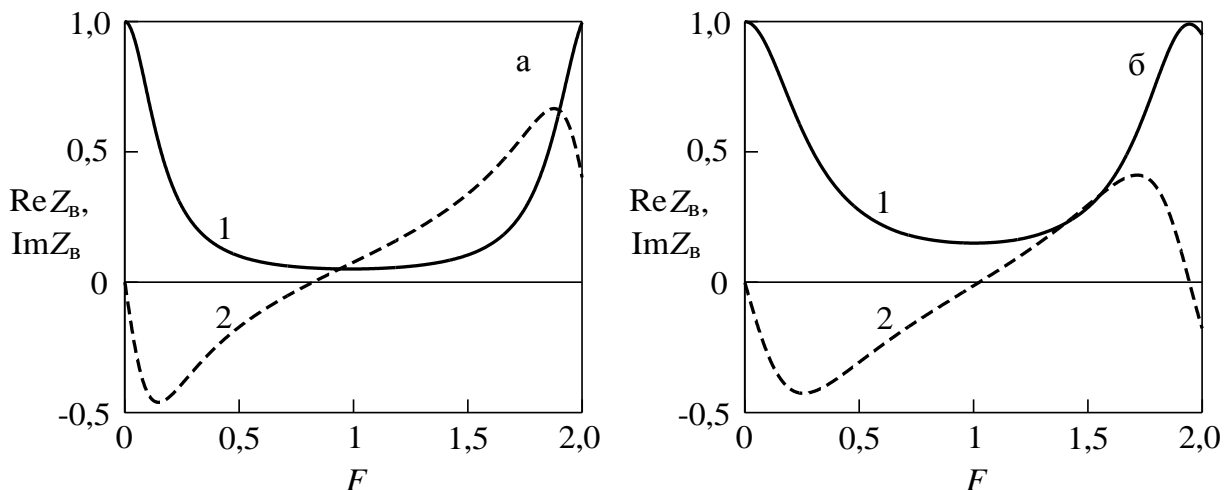


Рис. 2. Залежності вхідного імпедансу ЕК- (а) та традиційної (б) неоднорідностей: 1 — активна; 2 — реактивна складові.

дових вхідного імпедансу згідно (2) для ЕК- та традиційної неоднорідностей, характеристики проходження яких приведено на рис. 1. Фундаментальні

льні властивості вхідного імпедансу обумовлюють відповідність областей зменшення і збільшення активної складової ємнісній і індуктивній областям реактивної складової. На відміну від традиційної неоднорідності реактивна складова вхідного імпедансу ЕК-неоднорідності зміщена уверх. Як показано нижче це обумовлене її круглою формою.

В рамках моделі ЛП частота  $f_M$  відповідає умові  $l = \lambda/4$ . У цьому випадку відрізок ЛП є чвертьхвильовим трансформатором з вхідним імпедансом  $Z_B = Z^2$ . Виходячи з формули  $Z = \sqrt{\text{Re}Z_{BM}}$ , де  $\text{Re}Z_{BM}$  — значення активної складової на частоті  $f_M$ , з залежностей  $\text{Re}Z_B$  значення  $Z$  ЕК- та традиційної неоднорідностей дорівнюють відповідно 0,226 і 0,387, що добре узгоджується зі значеннями, наведеними вище.

Залежності активної складової вхідного імпедансу на рис. 2 ілюструють значну низькоімпедансну трансформацію номінального імпедансу. Визначимо відносну ширину смуги трансформації  $\Delta F$  з умови  $\text{Re}Z_B \leq 1,1\text{Re}Z_{BM}$ . ЕК- та традиційній неоднорідності відповідають значення  $\Delta F$  38% і 40%. Зауважимо, що  $\Delta F \approx 40\%$  для всіх значень  $Z$ . Згідно моделі ЛП значенням  $Z$  0,5...0,1 відповідають значення  $\Delta F$  45%...39%.

Характеристики вхідного імпедансу дозволяють визначити умови узгодження з середовищем на вході структури. Оскільки звичайно хвильовий імпеданс цього середовища  $Z_c$  активний, умови узгодження мають вигляд:

$$\text{Im}Z_B = 0, \text{Re}Z_B = Z_c. \quad (3)$$

З характеристик на рис. 2 для ЕК- та традиційної неоднорідностей умовам (3) відповідають такі значення  $F$  та  $\text{Re}Z_B$ : 0,823 і 1,024; 0,055 і 0,150.

На рис. 3 приведено характеристики традиційної неоднорідності квадратної та круглої (діаметром  $D$ ) форми згідно моделі ЛП. Матеріал основи — Rogers RO3010. Круглу форму апроксимовано кусочно-лінійною залежністю. Значення  $\epsilon_e$  і  $Z$  розраховано за формулами [1]

$$\begin{aligned} \epsilon_e &= \epsilon_+ + \epsilon_-((1 + 12x^{-1})^{-0,5} + 0,04(1 - x)^2), Z = p \ln(8x^{-1} + 0,25x), x \leq 1, \\ \epsilon_e &= \epsilon_+ + \epsilon_-(1 + 12x^{-1})^{-0,5}, Z = 2\pi p(x + 1,393 + 0,667 \ln(x + 1,444))^{-1}, x \geq 1, \end{aligned} \quad (4)$$

де  $x = w/h$ ;  $\epsilon_{\pm} = (\epsilon \pm 1)/2$ ;  $p = 60/\sqrt{\epsilon_e}$ .

З порівняння залежностей 2 видно, що реактивна складова вхідного імпедансу круглої неоднорідності зміщена уверх, а частота, на якій виконуються умови (3), — вниз.

Значення  $f_M$  і  $Z = \sqrt{\text{Re}Z_{BM}}$  для квадратної та круглої неоднорідностей дорівнюють відповідно 5,34 і 6,26 ГГц, 0,419 і 0,449. Для квадратної неоднорідності значення  $f_M$  і  $Z$  відрізняються від значень згідно моделі MWS лише на 3% і 8%. На відміну від моделі MWS в моделі ЛП не враховують-

ся товщина сигнального провідника, дисперсія значень  $\epsilon_e$  і  $Z$  та втрати.

У порівнянні з традиційною круглою неоднорідністю ефективність ЕК-неоднорідності (що має таку-ж площу) суттєво вища: значення  $Z$  менше у 2 рази, а значення  $\epsilon_e$  більше у 1,43 рази.

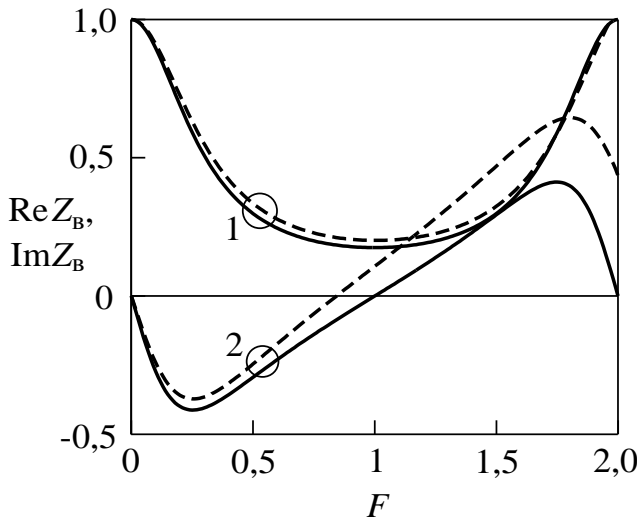


Рис. 3. Залежності активної (1) та реактивної (2) складових вхідного імпедансу традиційної неоднорідності квадратної (суцільна лінія) та круглої (штрихова лінія) форми.

$w = d$ . Матеріал основи — Rogers RO3010. Залежності розраховано згідно (2) зі значень параметра  $S_{11}$ , отриманих в пакеті MWS.

Як і для низькоімпедансних неоднорідностей внаслідок фундаментальних властивостей вхідного імпедансу областям збільшення і зменшення активної складової відповідають індуктивна і ємнісна області реактивної складової.

Залежності активної складової вхідного імпедансу ілюструють високоімпедансну трансформацію номінального імпедансу. Значення  $f_M$  і  $Z = \sqrt{\text{Re}Z_{\text{вм}}}$  для ЕК- та традиційної неоднорідностей дорівнюють відповідно 7,97 і 3,84 ГГц, 5,67 і 2,00. Згідно (4) для традиційної неоднорідності значення  $f_M$  і  $Z$  дорівнюють 3,79 ГГц і 2,24, що відповідно на 1% і 12% відрізняється від значень згідно MWS.

### **Вхідні імпедансні характеристики високоімпедансних неоднорідностей**

Високоімпедансна ЕК-неоднорідність — наскрізний круглий отвір з нависним дротовим провідником [6] (див. вставку на рис. 4, а).

На рис. 4 приведено вхідні імпедансні характеристики високоімпедансних ЕК- та традиційної неоднорідностей. Параметри ЕК-неоднорідності:  $D = 8$  мм, діаметр дротового провідника  $d = 0,1$  мм. Традиційна неоднорідність — відрізок сигнального провідника з параметрами:  $l = D$ ,

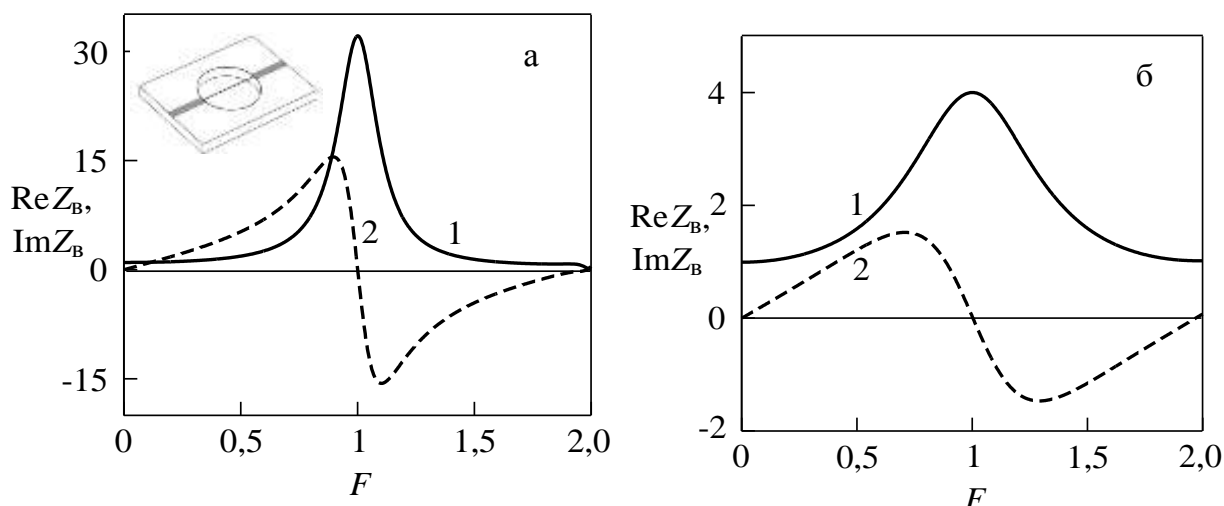


Рис. 4. Залежності вхідного імпедансу ЕК- (а) та традиційної (б) неоднорідностей: 1 — активна; 2 — реактивна складові.

У порівнянні з низькоімпедансною трансформацією при високоімпедансній смуга трансформації  $\Delta F$ , що визначається умовою  $\text{Re}Z_B \geq 0,9 \text{Re}Z_{\text{ВМ}}$ , значно вужча. ЕК- та традиційній неоднорідності відповідають значення  $\Delta F$  7% і 25%.

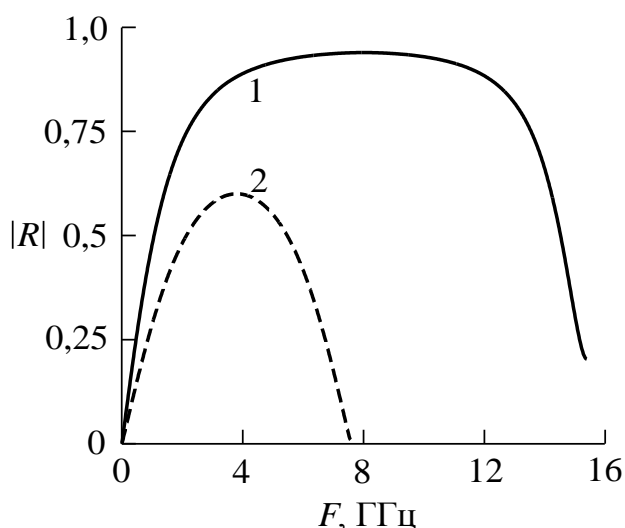


Рис. 5. Характеристики коефіцієнта відбиття ЕК- (1) та традиційної (2) неоднорідностей.

У порівнянні з традиційною неоднорідністю значення  $f_m$  і  $Z$  ЕК-неоднорідності більші відповідно у 2,1 і 2,8 рази. Суттєве збільшення значення  $f_m$  при високому імпедансі забезпечує реалізацію на основі ЕК-неоднорідності широкосмугового відбивача.

На рис. 5 приведено характеристики коефіцієнта відбиття розглянутих неоднорідностей. Для ЕК-неоднорідності  $|R| \geq 0,75$  в діапазоні від 2,15 ГГц до 13,55 ГГц.

### Вхідні імпедансні характеристики вузькосмугового фільтра

На рис. 6 показано структуру вузькосмугового фільтра, що відповідає схемі резонатора Фабрі-Перо, на основі високоімпедансних ЕК-неоднорідностей як відбивачів. Сигнальний провідник виконано з'єднанням відрізків смужкового і дровового провідників. Фільтр утворено п'ятьма хвильовими областями: дві ЕК-неоднорідності, два відрізки вузького й відрізок широкого сигнального провідника. Ці області формують трирівневу імпедансну залежність.

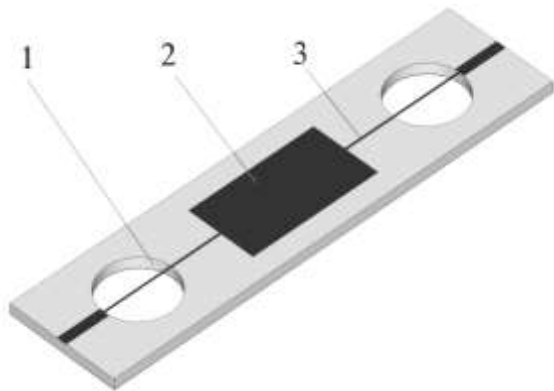


Рис. 6. Структура фільтра на основі високоімпедансних ЕК-неоднорідностей: 1 — ЕК-неоднорідність, 2 — низькоімпедансний відрізок смужкового провідника, 3 — дровий провідник.

Конструктивні параметри фільтра: ширина і довжина 13 і 52,5 мм, ширина зовнішніх і внутрішнього відрізків смужкового провідника 1,1 і 8 мм,  $D = 8$  мм,  $d = 0,1$  мм, довжини вузького й широкого відрізків сигнального провідника 5,8 і 14,9 мм; матеріал основи — Rogers RO3010. Значення  $Z$  і  $\epsilon_e$  зовнішніх відрізків смужкового провідника згідно (4) дорівнюють 50 Ом і 6,7. Без врахування зовнішніх відрізків смужкового провідника довжина фільтра дорівнює 42,5 мм, що становить  $1,2\lambda$  на розрахунковій се-

редній частоті  $f_0 = 3,17$  ГГц при  $\epsilon_e = 6,7$ .

На рис. 7 приведено амплітудно-частотні характеристики фільтра. Розрахунок виконано в пакеті MWS. Експериментальне значення  $f_0 = 3,14$  ГГц; експериментальні й розрахункові значення ширини смуги пропускання за рівнем  $-3$  дБ і внесених втрат відповідно дорівнюють 87 і 102 МГц, 2,6 і 1,0 дБ. Розрахункові втрати в діелектрику в два рази перевищують втрати в металі й дорівнюють 0,65 дБ.

На рис. 8 представлено вхідні імпедансні характеристики фільтра без зовнішніх відрізків смужкового провідника. Залежності ілюструють значну

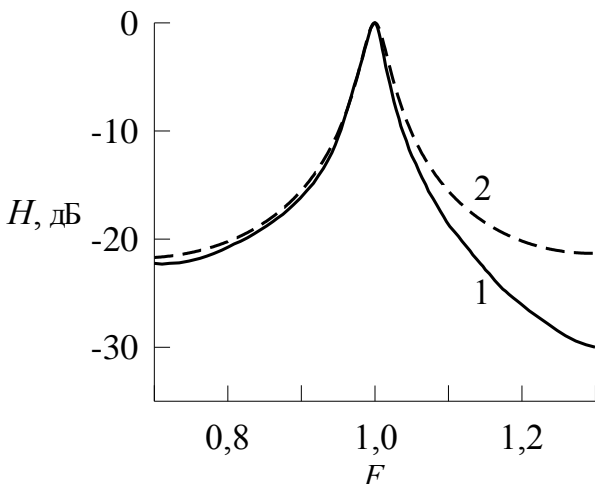


Рис. 7. Амплітудно-частотні характеристики фільтра: експериментальна (1); розрахункова (2).

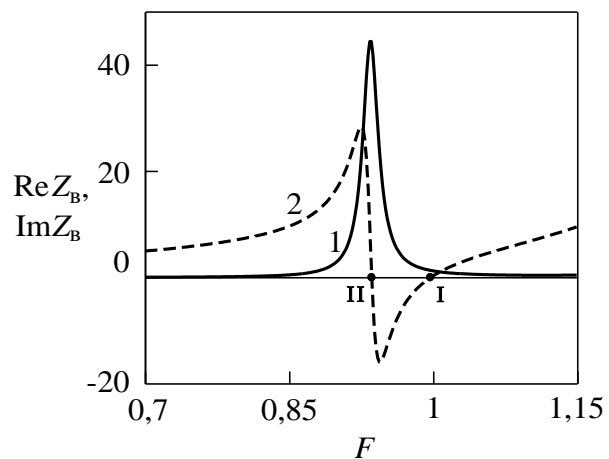


Рис. 8. Залежності вхідного імпедансу фільтра: 1 — активна; 2 — реактивна складові.

трансформацію вхідного імпедансу: активна складова змінюється від 45,4 до 0,09 (в межах рис. 8), а реактивна — від 28,8 до  $-16,2$  і двічі змінює ха-

ракти. ЕК-неоднорідності утворюють двобар'єрну структуру з високоім-педансними бар'єрами. Згідно [9], реактивна складова вхідного імпедансу такої структури зміщена вверх, що відповідає рис. 8.

Точками I і II позначено частоти, що відповідають умовам узгоджен-ня (3). В точці I  $F_I = 1$ ,  $\text{Re}Z_{вI} = 1,36$ , а в точці II  $F_{II} = 0,938$ ,  $\text{Re}Z_{вII} = 44,5$ .

Деяке розугодження значення  $\text{Re}Z_{вI}$  з номінальним значенням  $Z_c = 1$  обумовлене впливом втрат. Внаслідок розугодження в точці I модуль кое-фіцієнта відбиття від фільтра дорівнює 0,156 (–16,1 дБ), що відповідає значенню  $\text{КСХ} = 1,37$ .

Резонатор на основі відбивачів з однаковими амплітудними значеннями коефіцієнта відбиття симетричний. Внаслідок внутрішніх втрат зв'язок та-кого резонатора з падаючою хвилею неоптимальний і на резонансній час-тоті  $R \neq 0$ . При необхідності мінімізації КСХ співвідношення між коефіці-єнтами проходження лівого і правого відбивачів має відповідати умові оп-тимального зв'язку [10]. У цьому випадку структура фільтра несиметрична, оскільки коефіцієнт проходження лівого відбивача більше порівняно з правим.

### **Висновки**

Вхідні імпедансні характеристики структури дозволяють проаналізува-ти її хвильові властивості, перш за все, резонансні. ЕК-неоднорідності у порівнянні з традиційними мікросмушковими забезпечують суттєво більш значну трансформацію активної складової вхідного імпедансу. Вхідні ім-педансні характеристики фільтра дозволяють визначити умови узгоджен-ня, необхідні для мінімізації значення КСХ.

### **Перелік посилань**

1. Hong J.-S. Microstrip Filters for RF/Microwave Applications / J.-S. Hong. – N. Y.: Wiley, 2011. – 656 p.
2. Bhuiyan M. S. Defected ground structures for microwave applications. Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering / M. S. Bhuiyan, N. C. Karmakar. – N. Y.: Wiley, 2014. – P. 1–31.
3. Xiao J.-K. Defected microstrip structure. Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering / J.-K. Xiao. – N. Y.: Wiley, 2013. – P. 1–8.
4. Chang C.-P. A 6 : 1 unequal wilkinson power divider with EBG CPW / C.-P. Chang, C.-C. Su., S.-H. Hung, Y.-H. Wang // PIER Letters. – 2009. – Vol. 8. – P. 151–159.
5. Фуско В. СВЧ цепи. Анализ и автоматическое проектирование: Пер. с англ. / В. Фуско. – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.
6. Назарько А. И. Высокоизбирательный электромагнитный кристалл / А. И. Назарько, Е. А. Нелин, В. И. Попсуй, Ю. Ф. Тимофеева // ЖТФ. – 2010. – Т. 80, № 4. – С. 138–139.
7. Назарько А. И. Электромагнитные кристаллы на основе низкоомных неоднородностей / А. И. Назарько, Е. А. Нелин, В. И. Попсуй, Ю. Ф. Тимофеева // ЖТФ. – 2011. – Т. 81, № 5. – С. 142–143.
8. Нелин Е. А. Высокоэффективные электромагнитнокристаллические неоднород-



ности / Е. А. Нелин, А. И. Назарько // ЖТФ. – 2013. – Т. 83, № 4. – С. 146–148.

9. Водолазька М. В. Вхідні імпедансні характеристики двобар'єрних структур / М. В. Водолазька, О. В. Миколайчик, Є. А. Нелін // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування, 2014. – № 58. – С. 112–120.

10. Городецкий М. Л. Основы теории оптических микрорезонаторов / М. Л. Городецкий – М.: МГУ, 2010. – 203 с.

### References

1. Hong J.-S. Microstrip Filters for RF/Microwave Applications. N. Y. Wiley, 2011. 656 p.

2. Bhuiyan M. S., Karmakar N. C. Defected ground structures for microwave applications. Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering. N. Y., Wiley, 2014, pp. 1–31.

3. Xiao J.-K. Defected microstrip structure. Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering. N. Y., Wiley, 2013, pp. 1–8.

4. Chang C.-P. Su C.-C., Hung S.-H., Wang Y.-H. A 6 : 1 unequal wilkinson power divider with EBG. *PIER Letters*, 2009, vol. 8, pp. 151–159.

5. V. F. Fusco. *Microwave Circuits: Analysis and Computer-Aided Design*. Prentice Hall, 1987, 352 p. (Russ. ed.: V. Fusco. SVCh cepи. Analiz i avtomaticheskoe proektirovanie. Moscow, Radio i svjaz', 1990. 288 p.).

6. Nazarko A. I., Nelin E. A., Popsui V. I., Timofeeva Yu. F. High-selectivity electromagnetic crystal, *Technical Physics*, 2010, vol. 55, no. 4, pp. 569–570.

7. Nazarko A. I., Nelin E. A., Popsui V. I., Timofeeva Yu. F. Electromagnetic crystals based on low-impedance inhomogeneities, *Technical Physics*, 2011, vol. 56, no. 5, pp. 728–730.

8. Nelin E. A., Nazarko A. I. Effective electromagnetocrystalline inhomogeneities, *Technical Physics*, 2013, vol. 58, no. 4, pp. 612–614.

9. Vodolazka M. V., Mykolajchuk O. V., Nelin E. A. Vkhidni impedansni kharakterystyky dvobar'jernykh struktur [Input impedance characteristics of double barrier structures]. *Visnyk NTUU «KPI». Serija Radiotekhnika. Radioaparatobuduvannja*, 2014, no 58, pp. 112–120.

10. Horodetsky M. L. *Osnovy teoryy optycheskykh mykrorezonatorov* [Fundamentals of the theory of optical microcavities]. Moscow, MNU, 2010. 203 p.

*Назарько А. И., Водолазька М. В., Біденко П. С., Нелін Є. А. Вхідні імпедансні характеристики мікросмушкових структур. В статті досліджено вхідні імпедансні характеристики електромагнітнокристалічних (ЕК) та традиційних мікросмушкових неоднорідностей, а також фільтра на основі ЕК-неоднорідностей. Приведено характеристики коефіцієнта проходження низькоімпедансних ЕК- та традиційної неоднорідностей. Показано, що ЕК-неоднорідності у порівнянні з традиційними мікросмушковими забезпечують суттєво більшу значну трансформацію активної складової вхідного імпедансу. Аналіз вхідних імпедансних характеристик фільтра дозволяє визначити умови узгодження, необхідні для мінімізації коефіцієнта стоячої хвилі.*

**Ключові слова:** вхідний імпеданс, електромагнітнокристалічна неоднорідність, вузькосмуговий фільтр.

*Назарько А. И., Водолазская М. В., Биденко П. С., Нелин Е. А. Входные импедансные характеристики микрополосковых структур. В статье исследованы входные импедансные характеристики электромагнитнокристаллических (ЭК) и традиционных микрополосковых неоднородностей, а также фильтра на основе*

ЭК-неоднородностей. Приведены характеристики коэффициента прохождения низкоимпедансных ЭК- и традиционной неоднородностей. Показано, что ЭК-неоднородности по сравнению с традиционными микрополосковыми обеспечивают существенно более значительную трансформацию активной составляющей входного импеданса. Анализ входных импедансных характеристик фильтра позволяет определить условия согласования, необходимые для минимизации коэффициента стоячей волны.

**Ключевые слова:** входной импеданс, электромагнитнокристаллическая неоднородность, узкополосный фильтр.

Nazarko A. I., Vodolazka M. V., Bidenko P. S., Nelin E. A. **Input impedance characteristics of microstrip structures.**

Introduction. Electromagnetic crystals (EC) and EC-inhomogeneities are one of the main directions of microstrip devices development. In the article the input impedance characteristics of EC- and traditional microstrip inhomogeneities and filter based on EC-inhomogeneities are investigated.

Transmission coefficient characteristics. Transmission coefficient characteristics of low impedance EC- and traditional inhomogeneities are considered. Characteristics are calculated in the software package Microwave Studio. It is shown that the efficiency of EC-inhomogeneity is much higher.

Input impedance characteristics of low impedance inhomogeneities. Dependences of input impedance active and reactive parts of EC- and traditional inhomogeneities are given. Dependences of the active part illustrate significant low impedance transformation of nominal impedance. The conditions of impedance matching of structure and input medium are set.

Input impedance characteristics of high impedance inhomogeneities. Input impedance characteristics of high impedance EC- and traditional inhomogeneities are considered. It was shown that the band of transformation by high impedance inhomogeneities is much narrower than one by low impedance inhomogeneities. Characteristics of the reflection coefficient of inhomogeneities are presented.

Input impedance characteristics of narrowband filter. The structure of narrowband filter based on the scheme of Fabry-Perot resonator is presented. The structure of the filter is fulfilled by high impedance EC-inhomogeneities as a reflectors. Experimental and theoretical amplitude-frequency characteristics of the filter are presented. Input impedance characteristics of the filter are shown.

Conclusions. Input impedance characteristics of the structure allow to analyse its wave properties, especially resonant. EC-inhomogeneity compared with traditional microstrip provide substantially more significant transformation of the the input impedance.

**Keywords:** input impedance, electromagnetocrystalline inhomogeneity, narrowband filter.