

АНАЛІЗ ЧУТЛИВОСТІ ХВИЛЕВОДНОЇ КОМІРКИ У ВИПАДКУ ДІЕЛЕКТРИКА БЕЗ ВТРАТ

В роботі розглянуто чутливість коефіцієнтів відбиття та передачі хвильоводної комірки (відрізок хвильоводу з плоскошаровим діелектриком, заповнення повне по поперечному перерізу) до зміни таких величин, як товщина шару діелектрика, його діелектрична проникність та довжина хвилі. Дано рекомендації щодо вибору оптимальних частот для вимірювань.

Основним типом вимірювальної комірки, що використовується у хвильоводних методах вимірювання параметрів діелектриків, є відрізок хвильоводу (найчастіше прямокутного) з плоскошаровим діелектриком, який повністю заповнює хвильовід по поперечному перерізу.

Постановка проблеми та аналіз публікацій. У випадках діелектрика без втрат та слабопоглинаючого діелектрика частотні залежності модулів коефіцієнта відбиття та передачі такої комірки нагадують розподіл поля стоячої хвилі, тобто є періодичними [1], [2]. Аналіз цих залежностей показує, що у випадку коефіцієнта відбиття (чи КСХН) частоти його мінімумів є резонансними частотами, а частоти максимумів – антирезонансними частотами. Використання перших дозволяє просто вимірювати діелектричну проникність діелектриків як при повному заповненні хвильоводу [1], так і при частковому [3]. Отримані розрахункові формули на випадок антирезонансних частот неістотно відрізняються від формул для резонансних частот. Очевидно, що і методика проведення вимірювань залишиться незмінною. Проте з якісного аналізу можна зробити припущення, що з точки зору точності вимірювань ці частоти не є рівноцінними.

Постановка завдання. Потрібно проаналізувати вплив на точність вимірювань таких величин, як точність виготовлення зразка заданої довжини, похибка вимірювання частоти, вплив самої проникності зразка на вимірювані величини. А оскільки основними характеристиками такої комірки є частотні залежності її модулів коефіцієнтів відбиття R та передачі T , то вплив на ці залежності вказаних величин зручно оцінювати за допомогою нормованих коефіцієнтів чутливості [4]–[6].

Крім того, оскільки коефіцієнти чутливості залежать від частоти, будемо вивчати в першу чергу їхні частотні характеристики. При цьому витримуватимемо послідовність: чутливість модуля та аргументу за параметрами: довжина зразка l , довжина хвилі λ та діелектрична проникність ε .

Виклад основного матеріалу. Шляхом диференціювання модулів коефіцієнтів відбиття R та передачі T (їхні комплексні вирази наведено в [3]), отримаємо вирази для чутливостей модуля коефіцієнта відбиття (табл. 1) та модуля коефіцієнта передачі (табл. 2).

Таблиця 1

Параметр	Коефіцієнти чутливості
Довжина зразка	$S_l^R = \frac{l}{R} \frac{\partial R}{\partial l} = \theta \left(1 - \frac{4\rho^2(1 - \cos^2 \theta)}{1 - 2\rho^2 \cos \theta + \rho^4} \right) \operatorname{ctg} \theta$
Довжина хвилі	$S_\lambda^R = \frac{\lambda}{R} \frac{\partial R}{\partial \lambda} = \frac{2\lambda\xi}{m_0 m_1 \lambda_{cr}^2} \left[\lambda - \pi l m_0 \operatorname{ctg} \theta - \frac{2\rho^2}{\xi} \left(\frac{\rho^2 \lambda}{\sin \theta} - \lambda \cos \theta \operatorname{ctg} \theta - \lambda \sin \theta - 2\pi l m_0 \cos \theta \right) \right]$
Діелектрична проникність	$S_\varepsilon^R = \frac{\varepsilon}{R} \frac{\partial R}{\partial \varepsilon} = \varepsilon \left[-\frac{m_0}{m_1 (m_0^2 - m_1^2)} + \frac{kl}{2m_1} \operatorname{ctg} \theta - \frac{2\rho m_0 \cos 2\theta + kl (m_0 - m_1)^2 \sin 2\theta - 2\rho^3 m_0}{m_1 (m_0 + m_1)^2 \xi} \right]$

Тут $\theta = \beta_1 l$; $\xi = 1 - 2\rho^2 \cos 2\theta + \rho^4$; β_1 – коефіцієнт фази у відрізку із зразком діелектрика; m_0, m_1 – коефіцієнти сповільнення в порожньому та заповненому діелектриком хвильоводах відповідно; k – хвильове число вакууму; ρ – модуль парціального коефіцієнта відбиття [3].

Таблиця 2

Параметр	Коефіцієнти чутливості
----------	------------------------

Довжина зразка	$S_l^T = \frac{l}{T} \frac{\partial T}{\partial l} = -2\theta\rho^2 \sin 2\theta$
Довжина хвилі	$S_\lambda^T = \frac{\lambda}{T} \frac{\partial T}{\partial \lambda} = \frac{-4\rho^2 l \lambda}{(1-\rho^2)m_0 m_1 \lambda_{cr}^2} \left[1 + \frac{1-\rho^2}{\xi} \left(\rho^2 - \cos 2\theta - \pi \frac{m_0}{\lambda} \sin 2\theta \right) \right]$
Діелектрична проникність	$S_\varepsilon^T = \frac{\varepsilon}{T} \frac{\partial T}{\partial \varepsilon} = \frac{m_0 \varepsilon}{(1-\rho^2)(m_0 + m_1)^2 m_1} \times$ $\times \left[2\rho - \frac{1-\rho^2}{\xi} \left(2\rho \cos 2\theta + \frac{kl}{m_0} (m_0 - m_1)^2 \sin 2\theta - 2\rho^3 \right) \right]$

Аналіз наведених виразів розпочнемо з відповіді на запитання: як поведуть себе нормовані коефіцієнти чутливості в точках екстремумів? Для цього поставимо в ці вирази значення $\theta = 2n \frac{\pi}{2}$ (резонансна частота, n – ціле число) та $\theta = (2n + 1) \frac{\pi}{2}$ (антирезонансна частота) відповідно, а отримані результати зведемо в табл. 3.

Таблиця 3

Коефіцієнт чутливості	Точка екстремуму	
	$\theta = 2n \frac{\pi}{2}$	$\theta = (2n + 1) \frac{\pi}{2}$
S_l^R	$S_l^R \rightarrow \pm\infty$	$S_l^R = 0$
S_λ^R	$S_\lambda^R \rightarrow \pm\infty$	$S_\lambda^R = \frac{2\lambda^2(1+\rho^2)^2}{m_0 m_1 \lambda_{cr}^2} \left[1 \pm \frac{2\rho^2(1-\rho^2)}{(1+\rho^2)^2} \right]$
S_ε^R	$S_\varepsilon^R \rightarrow \pm\infty$	$S_\varepsilon^R = \frac{\varepsilon m_0}{m_1 (m_0 + m_1)} \left(\frac{-1}{m_0 - m_1} + \frac{2\rho}{(m_0 + m_1)(1 + \rho^2)} \right)$
S_l^T	$S_l^T = 0$	$S_l^T = 0$
S_λ^T	$S_\lambda^T = 0$	$S_\lambda^T = \frac{-8\rho^2 l \lambda}{(1-\rho^4)m_0 m_1 \lambda_{cr}^2}$
S_ε^T	$S_\varepsilon^T = 0$	$S_\varepsilon^T = \frac{4\rho m_0 \varepsilon}{(1-\rho^4)(m_0 + m_1)^2 m_1}$

Типові частотні залежності розглядуваних коефіцієнтів для зразка з фторопласту довжиною 20 мм зображено на рис. 1–6 відповідно.

Характерними особливостями частотних залежностей першої групи коефіцієнтів (S_l^R , S_λ^R та S_ε^R) є:

- наявність розривів на резонансних частотах для всіх трьох коефіцієнтів (в силу машинної побудови це виглядає як величезний, але кінцевий потік);
- на частотах антирезонансів $S_l^R = 0$, $S_\lambda^R > 0$, $S_\varepsilon^R > 0$;
- на частотних інтервалах між частотами екстремумів (резонансів і антирезонансів) чутливість не є нульовою, а про діапазон її значень можна зробити висновок з того, що на цих частотних інтервалах значення всіх трьох коефіцієнтів пропорційні $\text{ctg} \theta$ (S_l^R та S_ε^R) та $\text{tg} \theta$ (S_λ^R) відповідно (з причини великого масштабу на відповідних графіках це виглядає як пряма лінія).

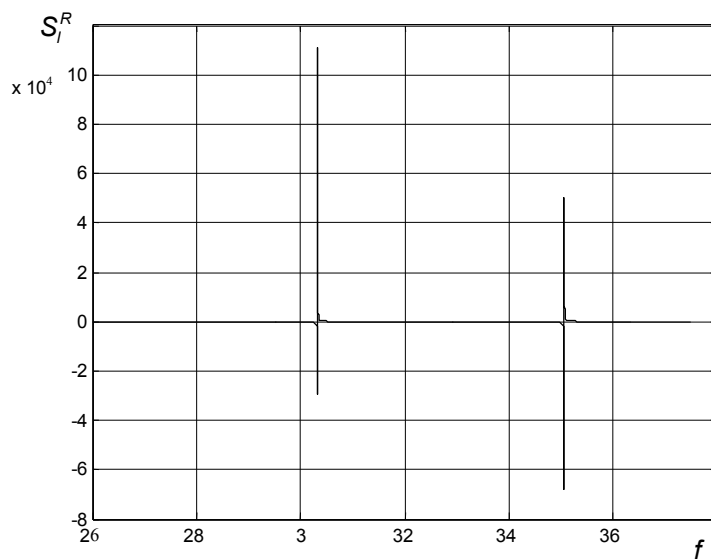


Рис. 1. Чутливість модуля коефіцієнта відбиття до довжини зразка

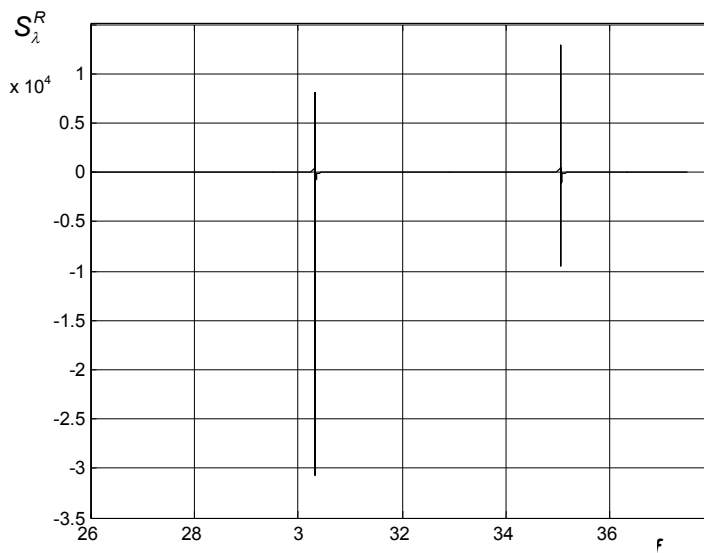


Рис. 2. Чутливість модуля коефіцієнта відбиття до довжини хвилі

Трансформація частотних залежностей для коефіцієнтів S_l^R , S_λ^R та S_ϵ^R у важливих для практики випадках (збільшення проникності при незмінній довжині зразка, і навпаки, збільшення довжини зразка при незмінній його проникності) виглядає наступним чином. При збільшенні проникності (при $l = \text{const}$) розриви на частотах резонансів залишаються.

Збільшення довжини зразка (при $\epsilon = \text{const}$): характер частотних залежностей S_l^R , S_λ^R та S_ϵ^R в цілому незмінний; спостерігається збільшення абсолютного рівня S_l^R та розширення смуги різкого збільшення S_λ^R в області резонансних частот.

Як бачимо, отримані результати повністю узгоджуються з фізикою процесів: максимум чутливості на резонансних частотах.

Характер частотних залежностей коефіцієнтів S_l^T , S_λ^T та S_ϵ^T принципово відмінний від частотних залежностей коефіцієнтів S_l^R , S_λ^R та S_ϵ^R .

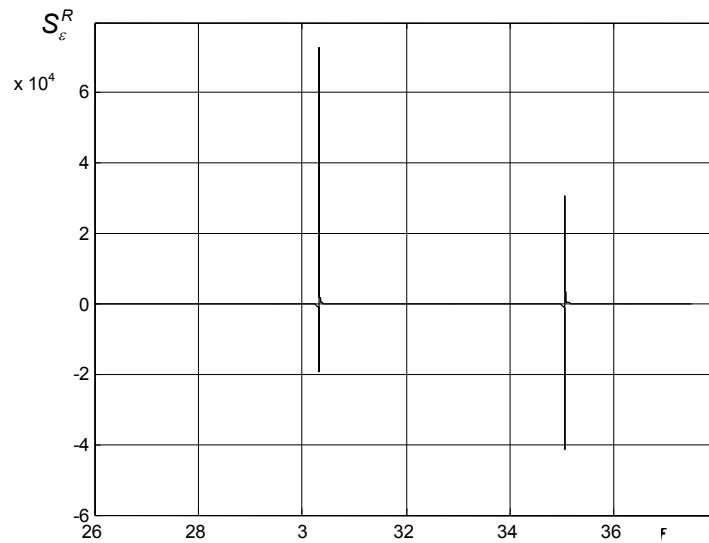


Рис. 3. Чутливість модуля коефіцієнта відбиття до діелектричної проникності

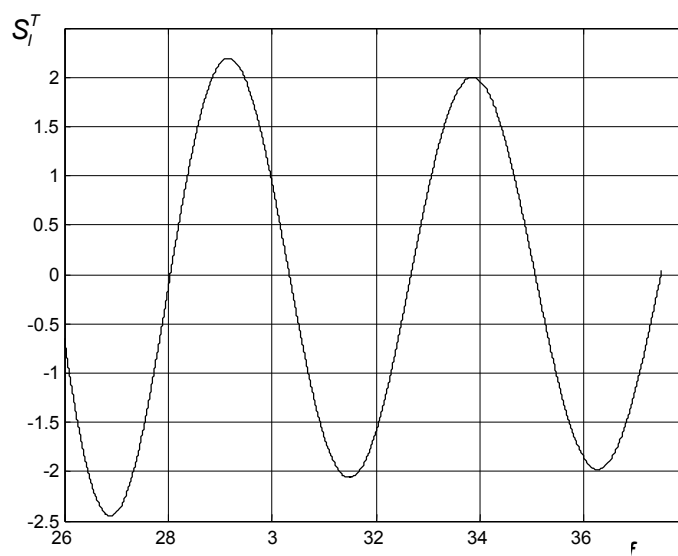


Рис. 4. Чутливість модуля коефіцієнта передачі до довжини зразка

Обидві ці групи є функціями гармонічних величин $\sin \theta, \cos \theta, \sin \theta, \cos \theta$, але лише коефіцієнти чутливості модуля коефіцієнта відбиття є ще й функціями $\operatorname{ctg} \theta$, що є можливою причиною цієї відмінності. Отже характерними особливостями коефіцієнтів частотних залежностей S_l^R, S_λ^R та S_ϵ^R є:

- гармонічний характер цих залежностей без розривів на частотах екстремумів;
- нульові значення всіх трьох коефіцієнтів на резонансних частотах, а також $S_l^T = 0, S_\lambda^T < 0$ та $S_\epsilon^T > 0$ на антирезонансних частотах (табл. 3);
- огинаюча частотних залежностей всіх коефіцієнтів з точністю до множника повторює частотну залежність модуля парціального коефіцієнта відбиття ρ ;
- за абсолютними значеннями чутливості модуля коефіцієнта передачі значно менші за чутливості модуля коефіцієнта відбиття;
- залежність S_λ^T є несиметричною відносно нульового рівня.

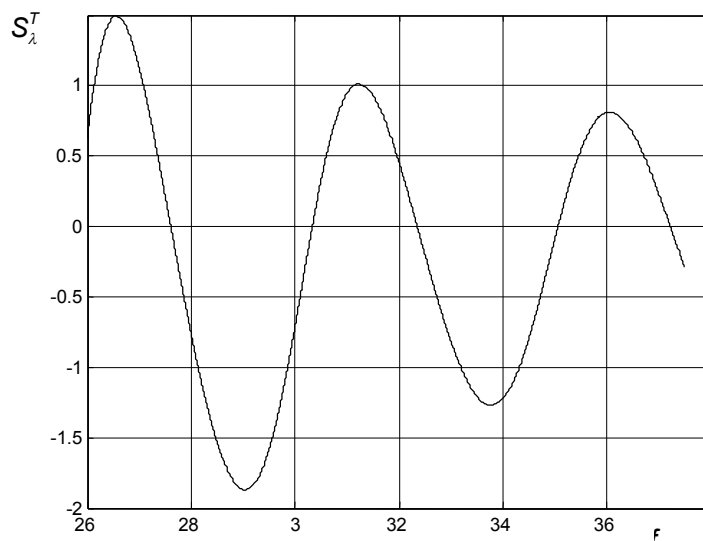


Рис. 5. Чутливість модуля коефіцієнта передачі до довжини хвилі

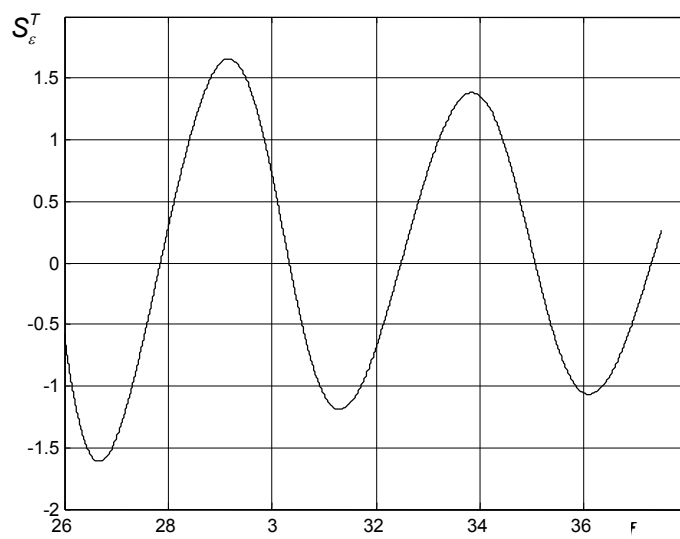


Рис. 6. Чутливість модуля коефіцієнта передачі до діелектричної проникності

Трансформація частотних залежностей для коефіцієнтів S_l^T , S_λ^T та S_ϵ^T у випадку збільшення проникності (при $l = \text{const}$) виглядає так: характер залежностей незмінний, але трансформується їхня огинаюча (починаючи з $\epsilon \sim 10$), тобто збільшується при збільшенні частоти; діапазон значень S_λ^T залишається незмінним, сама залежність залишається несиметричною відносно нульового рівня.

При збільшенні довжини зразка (при $\epsilon = \text{const}$) для всіх трьох коефіцієнтів спостерігається наступне: незмінність характеру залежностей з такою ж трансформацією їхньої огинаючої, що і в попередньому випадку; діапазон значень коефіцієнтів S_l^T , S_λ^T та S_ϵ^T збільшується.

Порівнюючи між собою обидві групи коефіцієнтів (S_i^R та S_i^T , $i = l; \lambda; \epsilon$) робимо висновок: за всіма трьома параметрах маємо максимум чутливості у випадку модуля коефіцієнта відбиття на резонансних частотах. Причому на резонансних частотах різниця чутливостей істотна (наприклад табл. 3), на відміну від антирезонансних частот. На антирезонансних частотах ця різниця становить лише кілька одиниць.

Аналогічним чином розглянемо чутливості фазових кутів коефіцієнтів \dot{R} і \dot{T} . Знову ж таки, шляхом диференціювання аргументів розглядуваних коефіцієнтів отримаємо вирази для чутливостей фазових кутів коефіцієнтів відбиття (табл. 4) та передачі (табл. 5).

Таблиця 4

Параметр	Коефіцієнти чутливості
Довжина зразка	$S_l^{\text{arg}R} = \frac{l}{\text{arg}R} \frac{\partial \text{arg}R}{\partial l} = \frac{-l^2}{\text{arg}R} \left(1 - \frac{2\rho^2(\cos 2\theta - \rho^2)}{\xi} \right)$.
Довжина хвилі	$S_\lambda^{\text{arg}R} = \frac{\lambda}{\text{arg}R} \frac{\partial \text{arg}R}{\partial \lambda} = \frac{1}{\text{arg}R} \frac{m_0 k l (1 - 4\rho^2 \cos 2\theta - \rho^4) - 4\rho^2 (1 - m_1^2) \sin 2\theta}{m_0 m_1 \xi}$.
Діелектрична проникність	$S_\varepsilon^{\text{arg}R} = \frac{\varepsilon}{\text{arg}R} \frac{\partial \text{arg}R}{\partial \varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\text{arg}R} \frac{4m_0 \rho \sin 2\theta - (m_0 + m_1)^2 (1 - \rho^2 \cos 2\theta) k l}{2m_1 (m_0 + m_1)^2 \xi}$.

Таблиця 5

Параметр	Коефіцієнти чутливості
Довжина зразка	$S_l^{\text{arg}T} = \frac{l}{\text{arg}T} \frac{\partial \text{arg}T}{\partial l} = \frac{l}{\text{arg}T} \frac{2\rho^2(km_1 - l)\cos 2\theta + \rho^4(2l - km_1) - km_1}{\xi}$.
Довжина хвилі	$S_\lambda^{\text{arg}T} = \frac{\lambda}{\text{arg}T} \frac{\partial \text{arg}T}{\partial \lambda} = \frac{1}{\text{arg}T} \frac{m_0 k l (1 - 4\rho^2 \cos 2\theta - \rho^4) - 4\rho^2 (1 - m_1^2) \sin 2\theta}{m_0 m_1 \xi}$.
Діелектрична проникність	$S_\varepsilon^{\text{arg}T} = \frac{\varepsilon}{\text{arg}T} \frac{\partial \text{arg}T}{\partial \varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\text{arg}T} \frac{4m_0 \rho \sin 2\theta - k l (m_0 + m_1)^2 (1 - \rho^4)}{2m_1 (m_0 + m_1)^2 \xi}$.

Порівняння отриманих виразів між собою дає змогу зробити висновок: характер частотних залежностей цих коефіцієнтів буде визначатися, в першу чергу, характером частотних залежностей самих фазових кутів.

Продовжуючи аналіз, підставимо значення $\theta = 2n \frac{\pi}{2}$ та $\theta = (2n + 1) \frac{\pi}{2}$ в отримані вирази, а результати зведемо в таблицю (табл. 6).

Таблиця 6

Коефіцієнт чутливості	Точка екстремуму	
	$\theta = 2n \frac{\pi}{2}$	$\theta = (2n + 1) \frac{\pi}{2}$
$S_l^{\text{arg}R}$	$S_l^{\text{arg}R} = \pm \frac{2l^2}{\pi} \frac{1 - 3\rho^2}{1 - \rho^2}$	$S_l^{\text{arg}R} = -\frac{l^2}{\pi} \frac{1 + 3\rho^2}{1 + \rho^2}$
$S_\lambda^{\text{arg}R}$	$S_\lambda^{\text{arg}R} = \mp \frac{2kl}{\pi} \frac{(1 - 4\rho^2 - \rho^4)}{m_1(1 - \rho^2)^2}$	$S_\lambda^{\text{arg}R} = \frac{1}{\pi} \frac{kl(1 + 4\rho^2 - \rho^4)}{m_1(1 + \rho^2)^2}$
$S_\varepsilon^{\text{arg}R}$	$S_\varepsilon^{\text{arg}R} = \pm \frac{1}{\pi} \frac{\varepsilon k l}{m_1(1 - \rho^2)}$	$S_\varepsilon^{\text{arg}R} = -\frac{1}{2\pi} \frac{\varepsilon k l}{m_1(1 + \rho^2)}$
$S_l^{\text{arg}T}$	$S_l^{\text{arg}T} = \frac{l}{n\pi} \frac{km_1(1 - \rho^2) - 2\rho^2 l}{(1 - \rho^2)}$	$S_l^{\text{arg}T} = \frac{2l}{(2n + 1)\pi} \frac{km_1(1 + \rho^2) - 2\rho^2 l}{1 + \rho^2}$
$S_\lambda^{\text{arg}T}$	$S_\lambda^{\text{arg}T} = -\frac{l}{n\pi} \frac{kl(1 - 4\rho^2 - \rho^4)}{m_1(1 - \rho^2)^2}$	$S_\lambda^{\text{arg}T} = -\frac{l}{(2n + 1)\pi} \frac{2kl(1 + 4\rho^2 - \rho^4)}{m_1(1 + \rho^2)^2}$
$S_\varepsilon^{\text{arg}T}$	$S_\varepsilon^{\text{arg}T} = \frac{l}{2n\pi} \frac{\varepsilon k l (1 + \rho^2)}{m_1(1 - \rho^2)}$	$S_\varepsilon^{\text{arg}T} = \frac{l}{(2n + 1)\pi} \frac{\varepsilon k l (1 - \rho^2)}{m_1(1 + \rho^2)}$

На рис. 7–12 наведено частотні залежності розглядуваних коефіцієнтів.

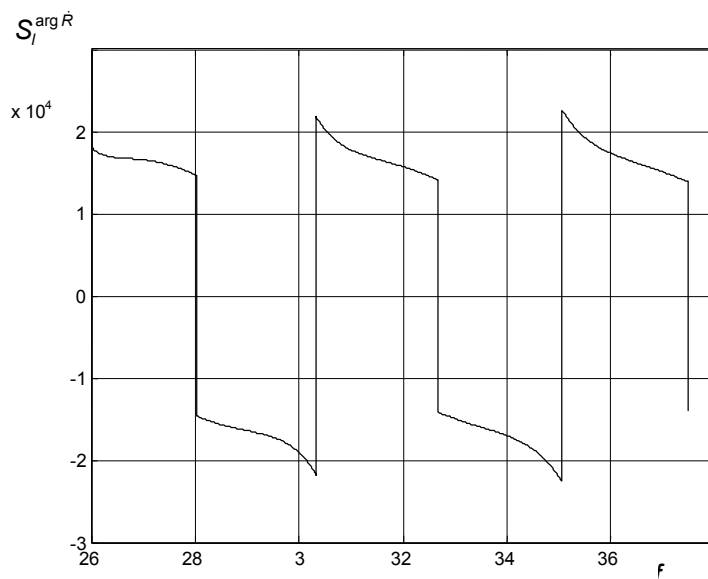


Рис. 7. Чутливість фази коефіцієнта відбиття до довжини зразка

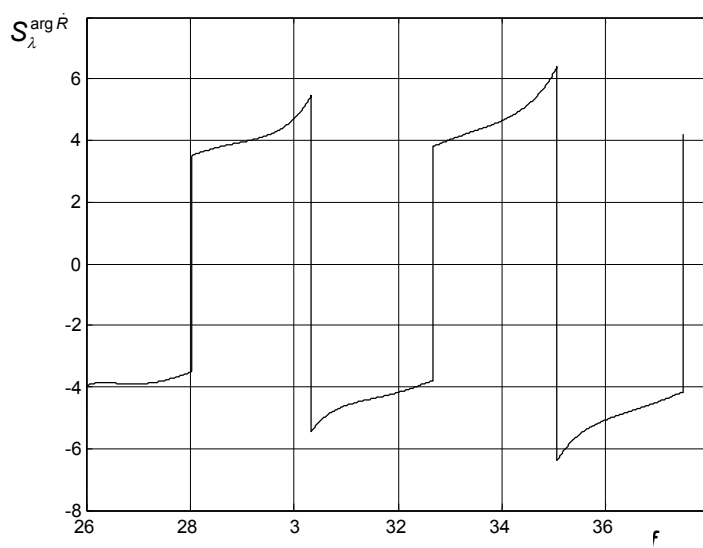


Рис. 8. Чутливість фази коефіцієнта відбиття до довжини хвилі

Як бачимо, характерними особливостями частотних залежностей цієї групи коефіцієнтів є:

- частотні залежності, як і було сказано вище, повторюють характер частотних залежностей фазових кутів;
- наявність розривів на резонансних частотах для всіх трьох коефіцієнтів, оскільки на резонансі фаза коефіцієнта відбиття має стрибок;
- на частотах антирезонансів розриви відсутні (наприклад табл. 6), хоча на рис. 7–9 це виглядає як розрив. Причиною цього є розглянутий раніше характер поведінки фазового кута коефіцієнта відбиття на частотах антирезонансів;
- аналогічно групі коефіцієнтів $S_i^T (i = l; \lambda; \varepsilon)$ так само маємо ділянки максимальної та мінімальної чутливостей. Межами цих ділянок є резонансні та антирезонансні частоти. Отже $S_l^{arg R}$ та $S_\varepsilon^{arg R}$ мають максимуми на ділянках, розташованих ліворуч від резонансних частот, а мінімуми – на ділянках, розташованих ліворуч від резонансних частот. Коефіцієнт $S_\lambda^{arg R}$, навпаки, має максимуми на ділянках, розташованих ліворуч від резонансних частот, а мінімуми – праворуч від резонансних частот;

– при збільшенні частоти значення $S_{\lambda}^{\text{arg}R}$ та $S_{\varepsilon}^{\text{arg}R}$ збільшується, на відміну від коефіцієнта $S_l^{\text{arg}R}$, значення якого не змінюється істотно. Тобто чутливість фази коефіцієнта відбиття збільшується при зменшенні довжини хвилі.

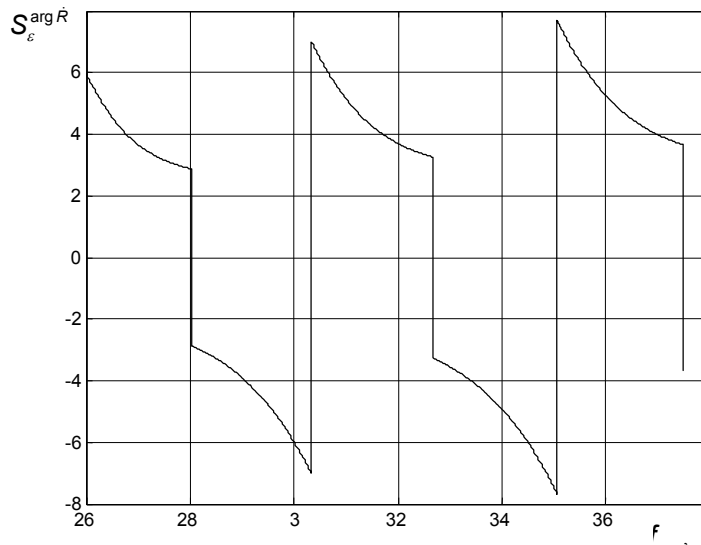


Рис. 9. Чутливість фази коефіцієнта відбиття до діелектричної проникності

Трансформація частотних залежностей для розглядуваних коефіцієнтів у випадку збільшення проникності (при $l = \text{const}$) виглядає так: при збільшенні частоти значення всіх трьох коефіцієнтів збільшується; $S_l^{\text{arg}R}$ збільшується; різниця значень чутливості одного знаку для $S_{\lambda}^{\text{arg}R}$ також збільшується.

При збільшенні довжини зразка (при $\varepsilon = \text{const}$) трансформація має наступний характер: значення всіх трьох коефіцієнтів збільшуються, при цьому, як і раніше, чутливість фази коефіцієнта відбиття збільшується при зменшенні довжини хвилі; значення розривів на резонансних частотах для $S_{\varepsilon}^{\text{arg}R}$ збільшується, причому ця різниця, як і очікувалось, збільшується при одночасному збільшенні проникності зразка (табл. 6).

Як показано на рис. 12–14, характер частотних залежностей $S_i^{\text{arg}T}$ ($i = l; \lambda; \varepsilon$) відмінний від характеру частотних залежностей коефіцієнтів $S_i^{\text{arg}R}$, хоча є спільні риси. Отже, особливості частотних залежностей цієї групи коефіцієнтів такі:

- наявність стрибків на резонансних частотах для всіх трьох коефіцієнтів. Велике значення чутливості ($f = 35,08$ ГГц в даному випадку) відповідає випадку $\text{arg}T = 0$. На іншій резонансній частоті ($f = 30,33$ ГГц) стрибок також є, але він набагато менший, а в силу масштабу побудови виглядає як пряма лінія;
- на антирезонансних частотах стрибок відсутній для всіх трьох коефіцієнтів;
- поза резонансними та антирезонансними частотами значення чутливостей всіх трьох коефіцієнтів не є нульовими, а плавно змінюються.

Ситуації збільшення проникності (при $l = \text{const}$) та збільшення довжини зразка (при $\varepsilon = \text{const}$) характеризуються деяким збільшенням величини стрибків на резонансних частотах та поза ними.

Щодо чутливостей фазових кутів коефіцієнтів відбиття та передачі можна зробити такий висновок: частотами, на яких забезпечується максимальна чутливість, є резонансні частоти. Крім цього, фазовий кут коефіцієнта відбиття має більшу чутливість при меншій довжині хвилі, а фазовий кут коефіцієнта передачі (подібно до модуля коефіцієнта відбиття) набуває максимальних значень на резонансних частотах, але лише тих (і це принципова відмінність), на яких $\text{arg}T = 0$.

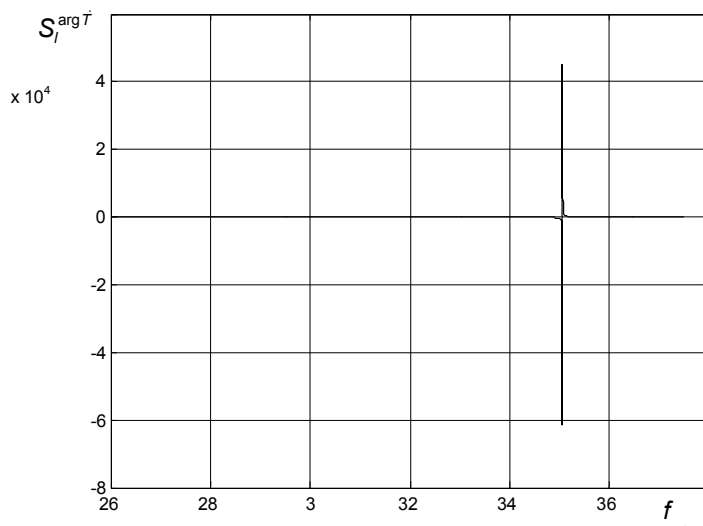


Рис. 10. Чутливість фази коефіцієнта передачі до довжини зразка

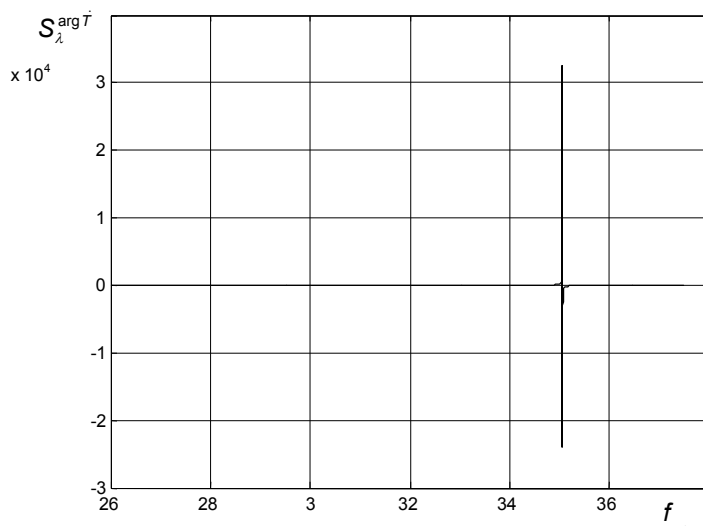


Рис. 11. Чутливість фази коефіцієнта передачі до довжини хвилі

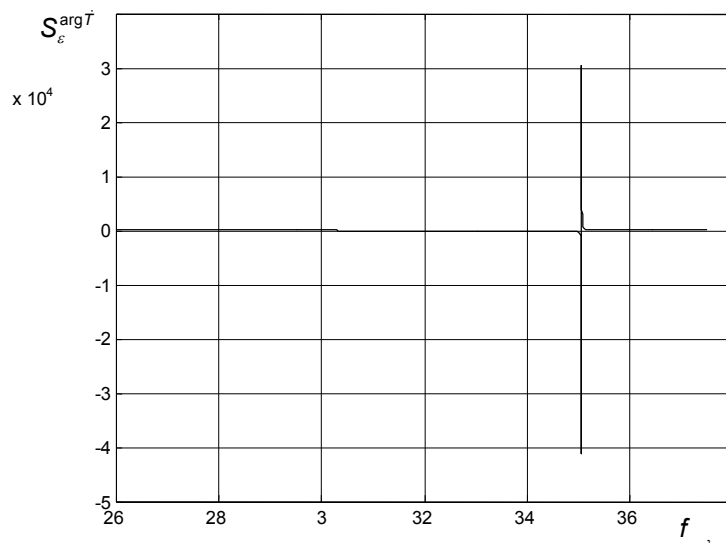


Рис. 12. Чутливість фази коефіцієнта передачі до діелектричної проникності

Основні висновки. Отже, проведення вимірювань на резонансних частотах забезпечує максимальну чутливість. Проте і вимоги до точності відліку цих частот, виготовлення зразка заданої довжини стають набагато жорсткішими порівняно з антирезонансними частотами, що, в свою чергу, відбивається на похибках вимірювань.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Полищук В.И.* Метод и установка для измерения электрических параметров слабопоглощающих диэлектриков на базе панорамного измерителя КСВН и ослаблений // *Электронная техника / Электроника СВЧ.* – 1988. – Вып. 9 (413). – С. 52–58.
2. *Чухов В.В.* Методика измерения диэлектрической проницаемости // *Материалы 14-й Международной Крымской микроволновой конференции „СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии” (КрыМиКо’2004).* – Севастополь: Вебер. – 2004. – С. 680–681.
3. *Чухов В.В.* Використання матричного підходу для описання властивостей шаруватих структур // *Вісник ЖІТІ/ Технічні науки.* – 1999. – № 11. – С. 102–105.
4. *Минкин М.А.* Электродинамическая теория параметрической чувствительности антенно-фидерных устройств. – М.: Радио и связь, 2001. – 111 с.
5. *Гупта К., Гардж Р., Чадха Р.* Машинное проектирование СВЧ устройств. – М.: Радио и связь, 1987. – 432 с.
6. *Козлов В.И., Юфит Г.А.* Проектирование СВЧ устройств с помощью ЭВМ. – М.: Сов. радио. 1975. – 176 с.

ЧУХОВ Владислав Вікторович – доцент кафедри медичних приладів та систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- пристрої НВЧ та антени;
 - радіотехнічні вимірювання.
- Тел.: (0412) 22-14-10.
E-mail: mps_cvv@ukr.net

Подано 11.11.2004

Чухов В.В. Аналіз чутливості хвильоводної комірки у випадку діелектрика без втрат
Чухов В.В. Анализ чувствительности волноводной ячейки в случае диэлектрика без потерь
Chukhov V.V. Analysis of waveguide cell sensitivity for dielectric without loss

УДК 621.317.335

Аналіз чутливості хвильоводної комірки у випадку діелектрика без втрат/ В.В. Чухов // С.: ил. 12. – Табл. 6 – Бібліогр.: 6 назв.

В роботі розглянуто чутливість коефіцієнтів відбиття та передачі хвильоводної комірки (відрізок хвильоводу з плоскошаровим діелектриком, заповнення повне по поперечному перерізу) до зміни таких величин як товщина шару діелектрика, його діелектрична проникність та довжина хвилі. Дано рекомендації щодо вибору оптимальних частот для вимірювань.

УДК 621.317.335

Анализ чувствительности волноводной ячейки в случае диэлектрика без потерь/ В.В. Чухов // С.: ил. 12. – Табл. 6 – Библиогр.: 6 назв.

В работе рассмотрены чувствительности коэффициентов отражения и прохождения волноводной ячейки (отрезок волновода с плоскослоистым диэлектриком, заполнение полное относительно поперечного сечения) к изменению толщины слоя диэлектрика, его диэлектрической проницаемости и длине волны. Даны рекомендации относительно выбора оптимальных частот для измерений.

УДК 621.317.335

Analysis of waveguide cell sensitivity for dielectric without loss/ V.V. Chukhov // – P. : ill. 12. – Tabl. 6. – Refs. 6 titles.

Reflection coefficient and transmission coefficient sensitivity of waveguide cell (waveguide segment with dielectric, completely filled relatively waveguide cross-section) to segment length, dielectric permeability and wavelength is considered. Optimal frequencies for measurement are recommended.