

Манойлов В.П., д.т.н., проф.
Житомирський державний технологічний університет
Конончук І.М., магістр
Житомирський державний технологічний університет

ДИЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДИ В САНТИМЕТРОВОМУ ДІАПАЗОНІ ЕМХ

Вода є однією з основних складових частин навколишнього світу. В середньому, біологічні організми складаються більше ніж на 50 % води. В тілі медузи її до 90 %, в спорах і насінні – від 6 до 17 %, а тіло людини на 70 - 80 % складається з води, причому різні частини людського організму містять різну кількість води. А оскільки, в зв'язку з стрімким розвитком науково-технічного прогресу, сфери використання НВЧ-техніки постійно розширюються (МКХ печі, мобільний зв'язок, безпроводний інтернет та інші) – все більше і більше актуальним і важливим стає вивчення та дослідження впливу НВЧ-випромінювання на біологічні об'єкти.

При вивченні впливу ЕМХ НВЧ діапазону на біологічні об'єкти потрібно враховувати ефекти, пов'язані з проходженням ЕМХ через водовмісні середовища, а саме зміну діелектричної проникності та омичної провідності цього середовища від частоти ЕМХ.

Метою даної роботи є дослідження діелектричних властивостей води в сантиметровому діапазоні ЕМХ. Підтвердити, що характер залежності їх від частоти, також, додатково, визначається хімічним складом і структурою води (наявність домішок) та температурою самого діелектрика. Наукова задача поставлена в цій роботі є доволі складною та актуальною на сьогодні, тому потребує подальшого всебічного та поглибленого наукового дослідження.

Діелектричні властивості води – поведінка комплексної діелектричної проникності, тангенс кута діелектричних втрат в залежності від температури, частоти опромінюючої ЕМХ та інш.

Характер впливу ЕМХ на воду та її властивості (діелектричні) повністю залежить від її фізико-хімічних властивостей (від внутрішньої просторової структури та розподілу молекул, типу поляризованості її молекул, температури діелектрика та інш).

Вода є полярною речовиною, тобто вона складається з диполів, які вже мають свій, певний, початковий електричний момент.

Під впливом ЕМХ диполі води розташовуються паралельно полю, утворюють дипольні ланцюги і зв'язують протилежні заряди на електродах – відбувається поляризація діелектрика. Величина поляризованості діелектрика залежить від його мікроскопічних параметрів, та впливає на значення діелектричної сталої ϵ_s – діелектрична проникність діелектрика без впливу на нього ЕМХ.

Найбільш на діелектричні властивості води впливає частота поля, яким вона опромінюється, температура самої води та наявність різного роду домішок (густина). Формула, яка пов'язує вплив всіх вище вказаних факторів на діелектричну проникність ϵ – рівняння Дебая:

$$\epsilon^*(\omega) - \epsilon_\infty = \frac{\epsilon_0 - \epsilon_\infty}{1 + i\omega\tau}, \quad (1)$$

де $\epsilon^*(\omega)$ – діелектрична проникність діелектрика в змінному ЕМ полі – комплексна величина і дорівнює: $\epsilon \epsilon^*(\omega) = \epsilon' + i\epsilon''$; ϵ_∞ – діелектрична проникність на дуже високій частоті; ϵ_0 – діелектрична проникність при нульовій частоті; τ – час релаксації диполів діелектрика в ЕМ полі; ω – кругова частота, дорівнює $\omega = 2\pi f$ ω , де f – частота ЕМХ.

Для полярних діелектриків, які знаходяться в змінному ЕМ полі характерним є поняття часу релаксації диполів – час який необхідний диполу щоб зорієнтуватися вздовж напрямлення прикладеного до діелектрика зовнішнього поля, або повернутися у вихідне положення після його відключення:

$$\tau = \tau_0 e^{E/kT}, \quad (2)$$

де E – енергія активації; k – стала Больцмана – $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; T – температура навколишнього середовища, а τ_0 – час релаксації при нульовій частоті.

При збільшенні частоти ЕМ поля, яким опромінюється діелектрик – спостерігається зменшення поляризованості діелектрика та його діелектричної проникності тому, що диполі не встигають за швидкозмінним зовнішнім полем зорієнтуватися або релаксувати.

Для дослідження діелектричних властивостей води буде застосований хвилевідний метод. Структурна схема установки, яка реалізує даний метод, зображена на рисунку 1, де 1 – генератор; 2 – атенюатор; 3 – досліджуваний діелектрик; 4 – вимірювальна лінія; 5 – індикаторний прилад. Досліджувана речовина в кюветі розміщується безпосередньо в прямокутному хвилеводі.

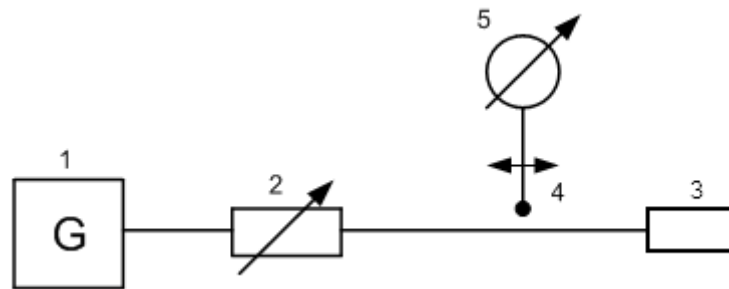


Рисунок 1 – Структурна схема вимірювання коефіцієнта відображення від діелектрика (води)

За її допомогою визначатиметься коефіцієнт відбивання від діелектрика ЕМ хвилі. Дослідження проводитимуться в діапазоні частот від 3 ГГц до 15 ГГц. В якості досліджуваної рідини використовуватиметься звичайна дистильована вода і вода з домішками, наприклад чорнилами, що збільшуватиме її густину та змінюватиме її властивості та структуру на мікрорівні і цим самим впливатиме на її діелектричні властивості.

За вимірними значеннями коефіцієнта відбивання від рідини, при різних частотах ЕМХ, визначатиметься, відповідно, діелектрична проникність води ϵ :

$$K = \frac{(1 - \sqrt{\epsilon})^2}{(1 + \sqrt{\epsilon})^2} \quad (3)$$

Крім того, в цілях кращого та детальнішого дослідження діелектричних властивостей води під впливом НВЧ хвиль, виміри коефіцієнта відбивання будуть проводитися при різних значеннях температури самого діелектрика (води). При даному дослідженні, в кювету буде поміщуватись вже підігріта або охолоджена рідина.

Побудова математичної моделі впливу НВЧ ЕМХ на діелектрик та його властивості повинна враховувати багато різних умов та параметрів, деякі з них можна виконати частково або за допомогою певних умовних припущень, тому практичні результати досліджень відрізнятимуться від теоретичних десь на 5 – 10 %.

Розв'язання вищезгаданих задач, сприятиме кращому розумінню тих аномальних властивостей, якими володіє вода, а також допоможе перевірити та підтвердити уже відомі, для кращого її вивчення та дослідження.

Манойлов В'ячеслав Пилипович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки і телекомунікацій Житомирського державного технологічного університету; наукові інтереси: прилади НВЧ, біомедичні прилади та системи, діелектричні властивості води; тел. р. 22-14-10.

Конончук Іван Михайлович, магістр групи БМ-11м кафедри РТіТ Житомирського державного технологічного університету, наукові інтереси: дослідження діелектричних властивостей води, НВЧ техніка.