

## РОЗСІЮЮЧІ ВЛАСТИВОСТІ БІОБ'ЄКТІВ ПІД ДІЄЮ ГАРМОНІЧНИХ СИГНАЛІВ

Проблема поширення і розсіяння хвиль в атмосфері, океані і біологічних середовищах в останні роки стає все більш і більш важливою, особливо в таких областях науки і техніки як зв'язок, дистанційне керування, медицина і виявлення певних об'єктів, дефектів. Для визначення глибини патологічного процесу в людині має велике значення діагностика. Тому актуальним є створення нових методів і пристроїв, які дозволять провести обстеження пацієнта для попередження захворювань.

Електромагнітні поля в діапазоні частот від 1 МГц до 100 ГГц можуть поширюватися в біологічних середовищах, але при цьому виникає, в різній мірі, поглинання, відбиття і розсіяння. Відбиття виникає на границях тканин, а розсіяння викликається неоднорідностями з розміром порядку довжини хвилі в тканинах.

В наш час діелектричні властивості біологічних середовищ знаходяться в стадії інтенсивних досліджень. Відомо, що спектр діелектричної проникності  $\varepsilon = \varepsilon' + i\varepsilon''$  біологічної тканини в значній мірі визначається вмістом води. Тому ця властивість визначає відносно високу проникну здатність полів.

Метою даної роботи є визначення комплексної діелектричної проникності в приповерхневих шарах організму двома методами. Перший метод – визначення комплексної діелектричної проникності шляхом вимірювання коефіцієнта стоячої хвилі по напрузі (КСХН) у визначеному діапазоні частот ( $f_1, f_2$ ). Другий метод – визначення комплексної діелектричної проникності шляхом вимірювання опору антени.

Над середовищем, що досліджується розташовується антена, яка випромінює електромагнітну хвилю. Частина електромагнітної хвилі проходить в середину об'єкту, а частина відбивається та сприймається антеною. За інформацією, яку містить відбита хвиля, можна судити про внутрішній стан об'єкту і порівнювати отриманий результат із значенням, яке повинно бути при нормальному функціонуванні об'єкту. Якщо значення відрізняється можна зробити висновок, що об'єкт містить в собі певну патологію.

Основними характеристиками матеріалів є коефіцієнти відбиття  $R$  та проходження  $T$ . При створенні багат шарових моделей можна використовувати як комплексні значення діелектричної проникності, так і комплексні значення  $R$  і  $T$  для окремих шарів. Кожен шар в такій моделі характеризується визначеними значеннями товщини та діелектричної проникності.

Розглянемо суть першого методу визначення комплексної діелектричної проникності. Необхідно визначити частотну залежність КСХН від тришарової структури (включаючи повітря) (рисунк 1) у частотному діапазоні 1...3 ГГц. Саме на цих частотах найкраще спостерігається ефект відбиття електромагнітної хвилі від досліджуваної системи. В якості моделі біологічного середовища була прийнята плоска тришарова модель з відносними діелектричними проникностями шарів  $\varepsilon_1$  (повітря),  $\varepsilon_2$  (шкіра),  $\varepsilon_3$  (жир або м'язи),  $h_0$  – висота знаходження антени над тришаровою структурою.

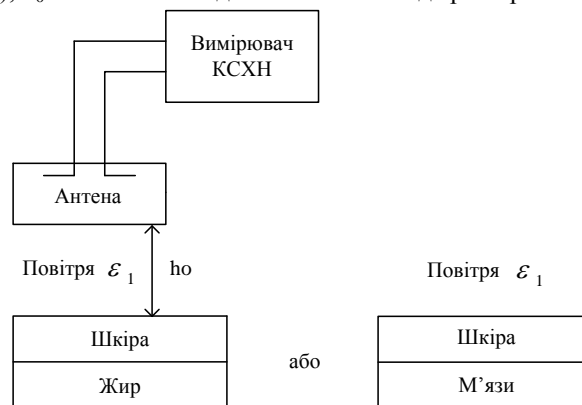


Рисунок 1 Моделювання біологічного середовища організму людини за допомогою тришарової моделі

Аналіз електричних характеристик людини показав, що шкіра і м'язова тканина мають схожі характеристики і порівняно великі значення діелектричних проникностей ( $\varepsilon$ ) і провідностей ( $g$ ), а жирова тканина на відміну від них має мале значення  $\varepsilon$  та  $g$ . Для шкіри  $\varepsilon = 53 + i57,2$ ;  $g = 1,10$  См/м, для м'язів  $\varepsilon = 49 + i21$ ;  $g = 1,35$  См/м, для жиру  $\varepsilon = 6,4 + i2,08$ ,  $g = 0,1$  См/м. Це означає, що електромагнітна

хвиля істотно відбивається при опромінюванні біологічного об'єкта не тільки на межі повітря-шкіра, але і на межах жир-м'язова тканина і жир-шкіра.

За рахунок таких електричних характеристик приповерхневих шарів організму як діелектрична проникність і опір, тіло людини можна вважати провідним і представити у вигляді металевого вібратора. Таким чином, модель взаємодії випромінювача електромагнітної хвилі з людиною є система, що складається з активного випромінювача (вібратора) і пасивного вібратора (людина).

Вважатимемо, що існує система з двох вібраторів, розташованих у вільному просторі, причому є передаюча антена (напівхвильовий вібратор) і друга антена, що є шаруватим діелектричним середовищем (рисунок 1). Буде вимірюватись зміна КСХН першої антени при зміні частоти. Знаючи КСХН можна перейти до коефіцієнта відбиття  $R$ , оскільки вони пов'язані таким співвідношенням:

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

Після знаходження коефіцієнту відбиття можна перейти до комплексної діелектричної проникності. Порівнюючи отримане значення діелектричної проникності з табличним значенням можна дати оцінку про нормальний чи паталогічний стан досліджуваного об'єкта.

Розглянемо суть другого методу визначення комплексної діелектричної проникності. Метод полягає у визначенні зміни вхідного опору першої антени залежно від її висоти над шаруватим середовищем (пасивним вібратором) і параметрів середовища. Потрібно визначити дійсну і уявну частини вхідного опору активного вібратора в діапазоні частот ( $f_1, f_2$ ) у вільному просторі і у присутності досліджуваного об'єкта. Вхідний імпеданс активного вібратора буде змінюватись при зміні параметрів пасивного вібратора. Зміни імпедансу дають інформацію про діелектричну проникність об'єкта, що досліджується.

Вхідний опір першої антени у разі, коли друга антена є пасивною (шарувате середовище) визначається виразом:

$$Z_1 = Z_{11} + \frac{Z_{12}^2}{Z_{22}}, \quad (2)$$

де  $Z_{12}$  - взаємний опір вібраторів,  $Z_{11}, Z_{22}$  - власні опори активного і пасивного вібраторів відповідно. Власний імпеданс напівхвильового вібратора за методом навідних ЕРС  $Z_{11}=73,1+i42,5$  Ом. Опір досліджуваного середовища буде визначатися наступним чином:

$$Z_{22} = Z_0 \frac{\sqrt{\epsilon_2 \epsilon_3} + \sqrt{\epsilon_2} + \sqrt{\epsilon_3}}{\sqrt{\epsilon_2 \epsilon_3}}, \quad (3)$$

де  $Z_0=377$  Ом – хвильовий опір вільного простору.

Як видно з формул (2) і (3) при зміні комплексної діелектричної проникності шаруватого середовища змінюється вхідний опір антени. По зміні цього опору можна оцінити стан досліджуваного об'єкта.

Розглянуті методи передбачають можливість неконтактного визначення характеристик приповерхневих шарів біологічного об'єкта. Показано, що для визначення комплексної діелектричної проникності можна використовувати методи засновані на вимірюванні КСХН та вхідного опору випромінюючої антени. За результатами досліджень комплексної діелектричної проникності приповерхневих шарів організму можна дати оцінку про нормальний чи паталогічний стан досліджуваного об'єкта.

Манойлов В'ячеслав Пилипович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки та телекомунікацій Житомирського державного технологічного університету «ЖДТУ», наукові інтереси: прилади НВЧ та антени; біомедичні прилади та системи. Тел.:(0412) 41-39-63

Борячинська Ганна Василівна, магістр групи БМ-11м кафедри РТ і Т Житомирського державного технологічного університету. Наукові інтереси: взаємодія НВЧ з приповерхневими шарами організму. Тел.:0976497091