

СИНТЕЗ ІНДУКТИВНОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОКРИСТАЛІЧНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Ковбич А. О.

(Науковий керівник Адаменко Ю. Ф., к. т. н., доцент)

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

Радіотехнічний факультет

На сьогоднішній день фільтри на основі різних кристалоподібних структур широко поширені та вивчені, але досі їх моделювання є досить складним процесом. Необхідні значні машинні ресурси на моделювання та обрахунки таких структур, а також спеціаліст з великим досвідом з ними, оскільки зв'язок між конструкціями кристалоподібних структур та їх характеристиками є неявним. Метою цієї статті є спроба використання штучної нейронної мережі (ШНМ) для моделювання конструкцій за заданими частотними характеристиками (ЧХ). Ця стаття є продовженням попередньої публікації на конференції "Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи" [1].

В [1] розглядалися ємнісна та індуктивна електромагнітнокристалічні (ЕК) неоднорідності, наведені на рисунку 1 *а* та *б*. Принцип роботи ШНМ, параметри ємнісної та індуктивної ЕК-неоднорідностей лишилися незмінними. Лише змінився набір вхідних параметрів. Відмінність полягає у тому, що прибрано параметр F_0 оскільки він розраховується автоматично.

В ході подальшого дослідження було проведено тренування моделі ШНМ для індуктивної ЕК-неоднорідності. Серед апробованих моделей найкращі результати дала модель з наступними гіперпараметрами: вхідний шар — 1200 нейронів (жорстка сигмоїда), перший прихований — 600 (гіперболічний тангенс), другий — 300 (сигмоїда), вихідний — 2 (лінійна).

Перевірка роботи ШНМ виконувалась так само, як і в попередньому випадку.

$$-10; 11; 0,1; 17,2; 3; 16,4 \rightarrow \text{ШНМ} \rightarrow 6,18; 0,16$$

Тобто ШНМ запропонувала структуру, у якій діаметр отвору склав 6,15 мм, діаметр навісного провідника — 0,16 мм. На рис. 1 *в* наведено результати моделювання цієї структури в CST Microwave Studio. З цього графіку видно, що отримана структура майже відповідає бажаній, так, на заданих частотах зрізу $F_{1(-3dB)}$ та $F_{2(-3dB)}$ отримано послаблення $-2,96$ та $-3,44$ дБ відповідно; на F_{\min} отримано послаблення $-9,93$ дБ. Крім цього, адекватність обох моделей перевірялась за допомогою тестового набору даних, який включає структури, яких не було у тренувальному наборі. Похибка визначалась за формулою 1. У цій формулі $Y_{predict}$ — дані, отримані за тестовими даними зі штучної мережі, $Y_{validate}$ — істинні дані. Таким чином

буде отримано окремо похибку для першого та другого параметра структури.

$$\left(\frac{1}{n} \sum \frac{|Y_{predict} - Y_{validate}|}{Y_{validate}} \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

В результаті розрахунку ШНМ за тестовим набором для ємнісної ЕК-неоднорідності було отримано відносну похибку визначення діаметру отвору 0,51% та відносну похибку визначення товщини діелектрика під металізацією 0,11%. Для індуктивної ЕК-неоднорідності отримано відносну похибку визначення діаметру отвору 0,59% та відносну похибку визначення діаметру навісного провідника над отвором 4,28%.

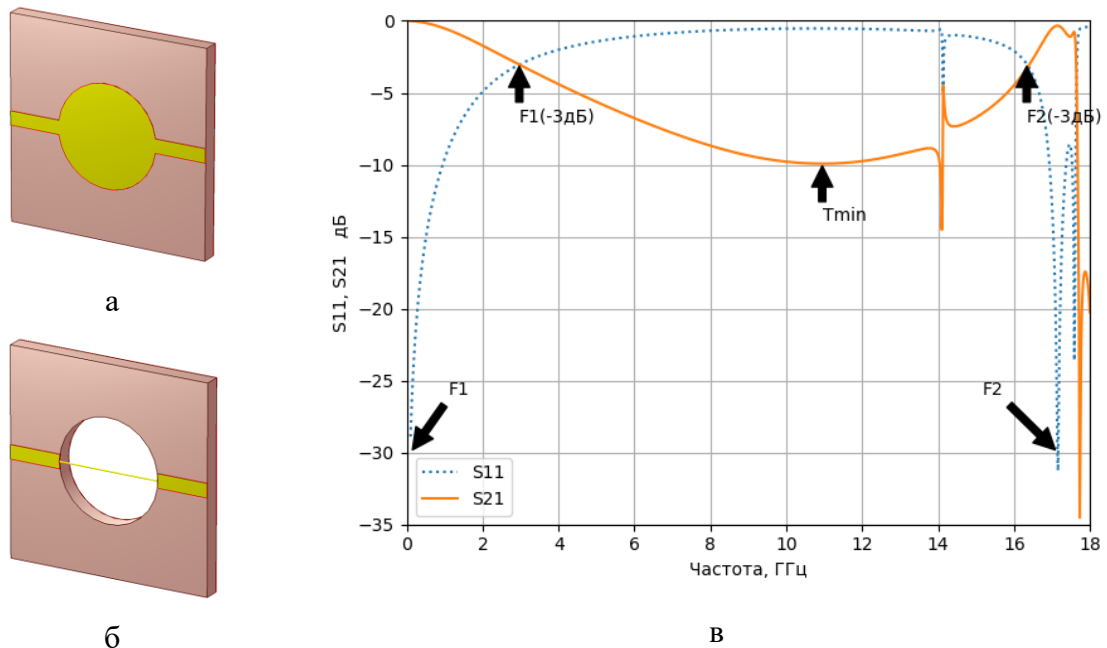


Рис 1. Зовнішній вигляд ємнісної (а) та індуктивної (б) ЕК-неоднорідності,

З наведених вище даних видно, що моделі дають досить якісний результат, особливо для ємнісної ЕК-неоднорідності. Похибки параметрів для індуктивної ЕК-неоднорідності мають більше значення через менший розмір навчального набору та наявність стрибків характеристики на частотах вище 10 ГГц, що ускладнюють навчання ШНМ та є результатом резонансних властивостей одного з розмірів неоднорідності.

Література

1. Ковбич А. О. Синтез квазісосереджених реактивних елементів на основі кристалоподібних структур за допомогою штучної нейронної мережі / Ковбич А. О. Адаменко В. А., Адаменко Ю. Ф. // Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи. — 2018. — С. 60-62.