

УДК 621.317

## **ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДІЕЛЕКТРИКІВ В НВЧ ДІАПАЗОНІ МЕТОДОМ ВІЛЬНОГО ПРОСТОРУ**

Гапон Н.Я.

e-mail: [nataliia.zaichenko@nure.ua](mailto:nataliia.zaichenko@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП  
м. Харків, Україна

This work is devoted to review of means of measuring dielectric parameters. Among the methods of measuring dielectric parameters, the free space method attracted attention because it is not only non-destructive, but also contactless, which has advantages when measuring heated samples. The use of directional couplers in installations has a long tradition, now it has become automated using embedded microcontrollers, which has made it possible to process using algorithms.

Фахівці у багатьох галузях промисловості, в тому числі таких як неруйнівний контроль та дефектоскопія, прагнуть краще розуміти властивості матеріалів з якими їм доводиться працювати, оскільки це дозволяє скоротити цикли проектування, покращити вхідний контроль, моніторинг технологічних процесів та контроль якості. Кожен матеріал має унікальний набір електричних параметрів, які залежать від його діелектричних властивостей.

Вимірювання характеристик діелектричних матеріалів може дати дуже важливу інформацію для багатьох галузей, наприклад, визначення параметрів дефектів філаменту 3D друку.

Вимірюваними параметрами діелектриків і інших матеріалів на НВЧ є коефіцієнти відбиття та передачі, які є елементами матриці розсіювання. Серед методів вимірювання параметрів діелектриків увагу привернув метод вільного простору тим, що він є не тільки неруйнівним, але й безконтактним, що має переваги при вимірюванні нагрітих зразків, як то філамент під час виготовлення самого філаменту чи друку деталей з нього.

Сутність методу вільного простору полягає в наступному (рис.1). Енергія НВЧ від генератора 2 подається через вентиль 3, хвильовід і атенюатор 4 до випромінюючої антени 5. Відбитий сигнал (зазвичай сума всіх відбитих сигналів) подається або на ту ж антену (рис.1,а) і за допомогою відповідних хвильоводних елементів подається до детектора 6, або на іншу приймальну антену 5 (рис. 1,б), детектується, обробляється і подається на індикаторний пристрій 7.

Використання в установках для вимірювання коефіцієнта відбиття напрямлених відгалужувачів має довгі традиції [1], зараз стало автоматизоване з використанням панорамних вимірювачів КСВН з вбудованими мікроконтролерами, що зробило можливим обробку за алгоритмами [2].

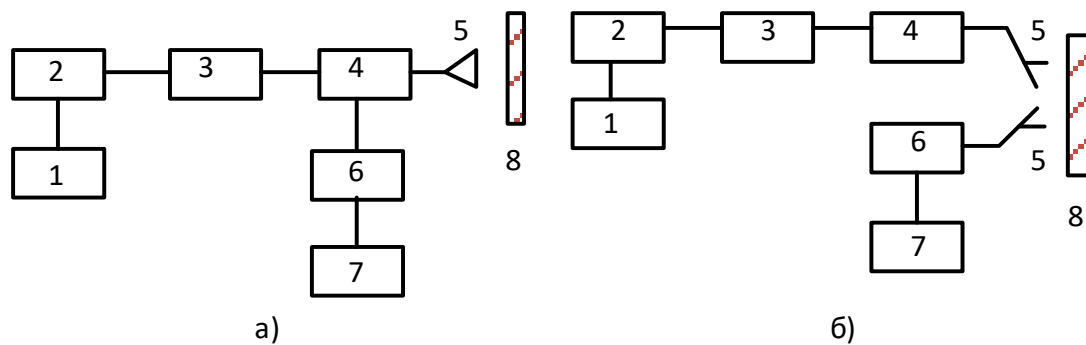


Рис.1 Блок-схеми приладів для реалізації методу вільного простору, які працюють по схемі на відбиття а – одноантений варіант, б – двохантений варіант, 1 – джерело живлення, 2 – джерело енергії НВЧ, 3 – розв’язуючий елемент, 4 – сукупність напрямлених відгалужувачів у складі панорамного вимірювача КСВН, 5 – випромінююча (приймальна) антена, 6 – детектор, 7 – індикаторний прилад, 8 – зразок шаруватого діелектрика

Під час обробки процес здійснення вимірювань можна розподілити на декілька етапів, найважливішими з яких є: а) автоматичне вимірювання на низці фіксованих частот за допомогою панорамного вимірювача КСВН параметрів поверхні, коефіцієнт відбиття, якої відомий, наприклад, металеве дзеркало; б) автоматичне вимірювання на ряді фіксованих частот таких самих як в попередньому пункті панорамним вимірювачем КСВН параметрів досліджуваного зразка; в) виконання дискретного перетворення Фур’є результатів вимірювань з частотної області в часову область і от вже на залежності від часу можна спостерігати візуально та розраховувати геометричні та електричні властивості шарів та дефектів шаруватого діелектрика який є досліджуваним зразком.

Отже на основі огляду літературних джерел можна зробити висновки про перспективність, по-перше, удосконалення методів обробки інформації спектральним методом, тобто з використанням перетворення Фур’є, по-друге, доповнення аналітичних досліджень фізичним моделюванням Comsol Multiphysics та ін. для верифікації, адже проведення експериментів з моделями значно доступніше, дешевше та безпечніше ніж натурні експерименти, які теж не виключаються, але з підібраними під час моделювання параметрами.

#### Список використаних джерел:

1. Захарія Й. А. Основи надвисокочастотних радіовимірювань. Київ : Вища школа, 1972. 344 с.
2. Борулько В. Ф., Дробахін О. О., Славін І. В. Багаточастотні НВЧ неруйнівні методи вимірювання параметрів шаруватих діелектриків. Видавництво ДГУ, 1992. 119 с.