

**ОПТИМІЗАЦІЯ РЕФЛЕКТОМЕТРИЧНИХ СИСТЕМ
ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

Федюшко Ю. М., Сілі І. І.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Обґрунтовано результати теоретичних досліджень по оптимізації імпульсних рефлектометричних систем діелектричної спектроскопії біоб'єктів у вільному просторі.

Постановка проблеми. Питання оптимального застосування НВЧ енергії в сільськогосподарському виробництві зв'язані, перш за все, з вивченням діелектричних властивостей біологічних об'єктів. Вивчення діелектричних властивостей насіння і ґрунту залежно від температури, вологості, при дії НВЧ енергії, дозволить визначити режими обробки ґрунту, глибину закладання насіння, оптимальні параметри електромагнітного поля при обробці насіння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Характер взаємодії електромагнітного поля з середовищем визначається властивостями середовища: діелектричною і магнітною проникністю і провідністю. Метод вимірювань електрофізичних характеристик матеріалів у вільному просторі полягає в спостереженні природи електромагнітних хвиль, які проходять в прямому напрямку або відображених від діелектричного зразка.

Збудження пружних коливань при дії електромагнітного поля на біологічні об'єкти описується багатьма ефектами. При дії електромагнітного поля на них, пружні коливання в середовищі збуджуються на частоті модуляції його інтенсивності. В цьому випадку збудження звуку обумовлене квадратично-нелінійними по полю ефектами.

Мета статті. Метою статті є аналіз характеристик імпульсних рефлектометрів для розширення можливостей дослідження електрофізичних параметрів біологічних об'єктів у вільному просторі.

Основні матеріали дослідження. Виразити сили поглинаючого середовища, що діють на біологічну речовину з боку електромагнітного поля є достатньо складним, але є можливість розглянути середовище у вигляді прозорого рідкого діелектрика, у якого $P_m = P_m(\rho, T)$ є тиск в середовищі з щільністю ρ при температурі T за відсутності електромагнітного поля.

При цьому об'ємна щільність сил, що діють на речовину в змінному електромагнітному полі, має вигляд:

$$\vec{f} = \frac{\epsilon\mu-1}{4\pi c} \times \frac{d}{dt} \left\langle \vec{E} \times \vec{H} \right\rangle - \frac{\langle \vec{E}^2 \rangle}{8\pi} \nabla \epsilon - \frac{\langle \vec{H}^2 \rangle}{8\pi} \nabla \mu + \frac{1}{8\pi} \left[\left(\rho \frac{d\epsilon}{d\rho} \right)_T \nabla \langle E^2 \rangle + \left(\rho \frac{d\epsilon}{d\rho} \right)_T \nabla \langle H^2 \rangle \right] - \nabla \rho(\rho, T) \quad (1)$$

де \vec{V} – градієнт;

ϵ, μ – діелектрична і магнітна проникність;

c – швидкість світла.

Дужки позначають усереднювання по відрізьку часу, який набагато більше періоду коливань напруженості електричного (\vec{A}), магнітного поля (\vec{H}), але набагато менший характерного часу зміни інтенсивності електромагнітного поля. У свою чергу $P_m(\rho, T)$ – тиск в середовищі при щільності ρ і температурі T .

Враховуючи на те, що величина p стоїть під градієнтом, інтерес представляє не сам тиск в середовищі, а його відхилення від рівноважного значення p , яке з урахуванням теплової дії випромінювання може бути представлено у вигляді:

$$p(\rho', T) = c_0^2 \rho' + c_0^2 \rho' \beta T' \quad (2)$$

де ρ' та T' – зміни відносно рівноважного значення щільності та температури.

Тобто однією із проблем, які виникають при вимірюванні ДП біологічних об'єктів було значне зниження частотного діапазону для забезпечення широкого безперервного спектру. Усунути вказані недоліки дозволяє метод імпульсної рефлектометрії. Суть методу полягає в тому, що матеріали біологічних речовин поміщають в спеціальну хвилеводну направляючу систему (тракт), через яку пропускаються імпульси пікосекундної тривалості Δt з потужністю P_s . (рис. 1).

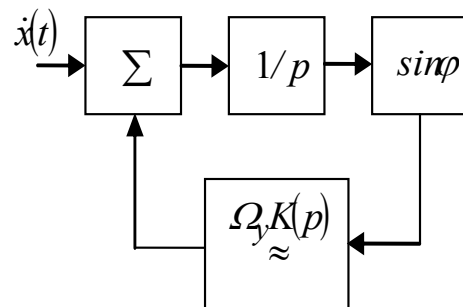


Рисунок 1 – Структурна схема рефлектометра

Відображений сигнали що пройшов через зразок, поступає на зчитуючий пристрій стробоскопічного осцилографа, де проводиться спеціальна обробка інформації з метою отримання даних про електрофізичні властивості матеріалу [1 – 3].

Цей сигнал $P(x)$, розповсюджуючись в тракті з досліджуваною речовиною, затухає за рахунок розподі-

льких втрат α і за рахунок втрат на неоднорідностях $\Delta\alpha$ (у роз'ємних з'єднаннях та ін.) Частина зонduючого сигналу, яка визначається коефіцієнтами зворотного розсіяння G_R і віддзеркалення G_F , розповсюджується у зворотному напрямі.

Відображений сигнал лінійно зменшується при збільшенні довжини аналізованого тракту

$$P_{\min}(L) = P_s - \alpha_c - 2\alpha L + G_R \quad (3)$$

де L – довжина тракту.

Для збільшення відбитого сигналу, який і дозволяє визначати електрофізичні характеристики біологічних речовин, потрібно збільшувати Δx – ділянку тракту, з якого збирається відображений сигнал. Це можливо при збільшенні потужності зонduючого сигналу, зниженню втрат в розгалужувачах і збільшенні діапазону. Ці втрати, як правило, розподільчі втрати $dP(\Delta x)$, залежать від величини зонduючого сигналу P_x , величини ділянки Δx і коефіцієнта затухання β

$$dP(\Delta x) = P_x \Delta x \beta \quad (4)$$

Використання імпульсів пікосекундної тривалості дозволить забезпечити безперервний спектр в широкій смузі частот. Імпульси прямокутної форми описуються виразом [4]:

$$x(t) = \begin{cases} A \text{ нпу} & -\frac{\tau_u}{2} \leq t \leq \frac{\tau_u}{2} \\ 0 \text{ нпу} & t < -\frac{\tau_u}{2} \text{ у } t > \frac{\tau_u}{2} \end{cases} \quad (5)$$

де A – амплітуда імпульсу;
 τ_u – тривалість імпульсу.

Використовуючи перетворення Фур'є, отримаємо:

$$x(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j\omega t} dt \quad (6)$$

Підставляючи (5) в (6) спектральну щільність сигналу отримаємо в наступному вигляді:

$$x(j\omega) = A \cdot \tau_u \left[\frac{\sin(\omega \cdot \frac{\tau_u}{2})}{\omega \cdot \frac{\tau_u}{2}} \right] \quad (7)$$

Із виразу (7) видно, що $x(j\omega)$ – безперервна функція у всьому діапазоні частот.

Попередня обробка, цифрове накопичення сигналу, дозволило значно понизити рівень шумів і розширити частотний діапазон вимірювань, а вторинна обробка отриманих рефлектограм розширила функціональні можливості рефлектометрів.

Крім того, використання малошумливих приймальних пристроїв, швидкодіючих АЦП і обчислюваль-

ної техніки дозволило створити високоефективні вимірювальні системи. Попередня обробка, цифрове накопичення сигналу, дозволило значно понизити рівень шумів і розширити частотний діапазон вимірювань, а вторинна обробка отриманих рефлектограм розширила функціональні можливості рефлектометрів.

Це одна з переваг імпульсних методів рефлектометрії в порівнянні з вимірюваннями на безперервних сигналах.

Висновки. В результаті проведених теоретичних досліджень було частково вирішено задачу по розширенню частотного діапазону, доведено і показано, що метод імпульсної рефлектометрії дозволяє аналізувати структурно-функціональний стан біологічних об'єктів з подальшим створенням бази даних біологічних систем за рахунок визначення їх електрофізичних параметрів.

Список використаних джерел

1. Введенский Ю. В. Импульсный рефлектометр с субнаносекундным разрешением / Ю. В. Введенский, Л. И. Горячев, В.В. Крылов – Приборы и техника эксперимента, 1975 № 1, 1. С. 130
2. Гоникман А. Б. Временной рефлектометр для измерения параметров структурно-сложных СВЧ трактов / А. Б. Гоникман – Метрология и точные измерения, 1976, № 1. С. 10
3. Импульсные рефлектометры. Проспект. – М.: ЦООНТИ «Экос», 1980.
4. Кочемасов В. Н. Формирование сигналов с линейной частотной модуляцией / В. Н. Кочемасов, Л. А. Белов, В. С. Оконешников. – М.: Радио и связь. – 1983. – 190 с.

Аннотация

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕФЛЕКТОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Федюшко Ю. М., Сили И. И.

Обоснованно результаты теоретических исследований по оптимизации импульсных рефлектометрических систем диэлектрической спектроскопии биообъектов в свободном пространстве

Abstract

OPTIMIZATION OF REFLEKTOMETRICHIKH OF SYSTEMS OF RESEARCH OF DIELECTRIC PROPERTIES OF BIOLOGICAL OBJECTS

Y. Fedyushko, I. Sili

Grounded results of theoretical researches are for optimizations of the impulsive reflektometric systems of dielectric spectroscopy of biotobjects in free prostor.