

УДК. 521. 317

Федюшко Ю. М., к. т. н., доцент ©*Таврійський державний агротехнологічний університет,***Хандола Ю.М.**, к. т. н., доцент*Харківський національний технічний університет ім.. П Василенка***ВИКОРИСТАННЯ ІМПУЛЬСНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ РІДКИХ ДІЕЛЕКТРИКІВ**

За допомогою імпульсного рефлектометра досліджені діелектричні властивості нативної сперми бика, використання яких дозволить створити бази даних діелектричних характеристик біологічних об'єктів.

Ключові слова: імпульсний рефлектометр, діелектрична проникність, нативна сперма.

Вступ. Використання електромагнітної енергії в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва для сушки насіння і плодів, передпосівної обробки і знезараження насіння зернових культур, пастеризації соків і молока неможливо без знань діелектричних властивостей біологічних речовин.

У деяких роботах [1-3] розглянуті діелектричні параметри матеріалів та технічних рідин і майже зовсім не розглянуті параметри рідких біологічних речовин.

Матеріал і методи. Для дослідження діелектричних властивостей рідких діелектриків був використаний контейнер кінцевого типу [4] (рис.1).

В основі вимірювань покладений метод «зосередженої ємкості», в якому вимірювальний осередок із зразком є шунтуючим конденсатором, підключеним до відрізка коаксіальної лінії (рис. 1).

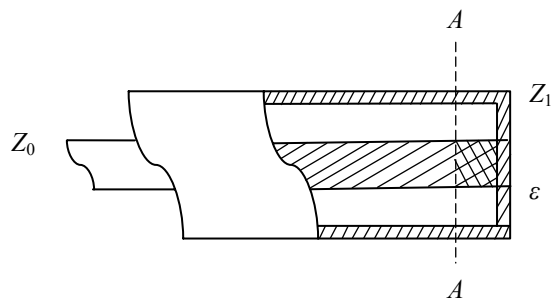


Рис. 1. Схема вимірювального осередку

Якщо нехтувати граничними умовами, то еквівалентну схему вимірювального осередку можна представити так, як зображено на рис. 2.

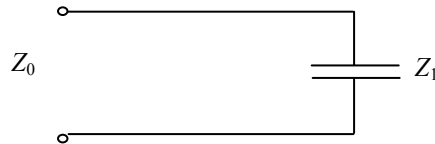


Рис. 2. Еквівалентна схема вимірювального осередку

Конструктивна ємність конденсатора, утвореного торцевими поверхнями коаксіальних провідників C_0 , при вмиканні діелектричного зразка, збільшується і стає рівною $C = \varepsilon(j\omega)C_0$. Величина $\varepsilon(j\omega)$ визначається виразом:

$$\varepsilon(j\omega) = \frac{1}{j\omega C_0 Z_0} \frac{1 - \Gamma(j\omega)}{1 + \Gamma(j\omega)} \tag{1}$$

Якщо представити коефіцієнт відображення у вигляді $\Gamma(j\omega) = |\Gamma(j\omega)|e^{-j\theta}$, то отримуємо:

$$\begin{aligned} \varepsilon' &= \frac{2|\Gamma(j\omega)| \sin \theta}{\omega C_0 Z_0 [1 + 2|\Gamma(j\omega)| \cos \theta + |\Gamma(j\omega)|^2]}, \\ \varepsilon'' &= \frac{1 - |\Gamma(j\omega)|^2}{\omega C_0 Z_0 [1 + 2|\Gamma(j\omega)| \cos \theta + |\Gamma(j\omega)|^2]}. \end{aligned} \tag{2}$$

Вимірювальний осередок виконаний на базі коаксіальної лінії з хвильовим опором 50 Ом, обмеженою короткозамкнутим поршнем, хід якого контролюється мікрометром. Робочий об'єм осередку обмежений фторопластовою шайбою. Ємність порожнього осередку C_0 вибиралася залежно від діелектричних властивостей досліджуваних речовин та перехідних параметрів вимірювальної системи і змінювалися в межах 0,03...1 пФ.

Процес вимірювання полягає в реєстрації сигналів, відображених від короткозамкнутої лінії по площині *A-A* (рис.1) від розімкненої лінії і лінії із зразком. Реєстрація перших двох сигналів (рис. 3 криві 1, 2) необхідна для тимчасової і масштабної прив'язки отриманого сигналу від зразка.

Комплексний коефіцієнт відображення $\Gamma(j\omega)$, розраховувався через відношення двох дискретних перетворень Фур'є відображеного і падаючого сигналів, які виражаються через $U_2(t)$ і $U_1(t)$ (рис. 3) таким чином:

$$\Gamma(i\omega) = \frac{F[U_{\text{відобр}}(t)]}{F[U_{\text{над}}(t)]} \tag{3}$$

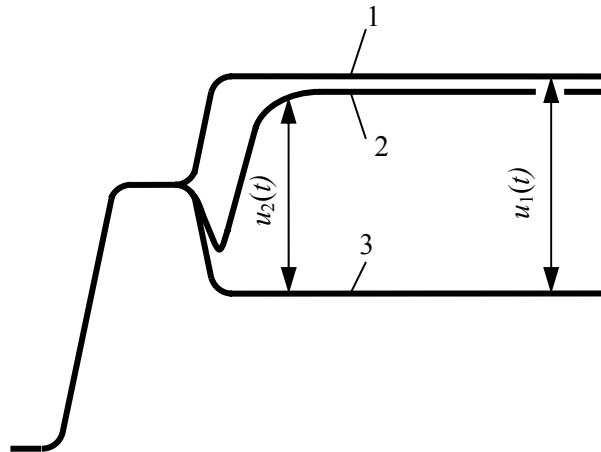


Рис. 3. Осцилограми процесу вимірювань

Методика вимірювань діелектричних властивостей рідких діелектриків у вимірювальному осередку кінцевого типу полягає в наступному.

Вимірювальний контейнер підключається до рефлектометра по схемі зображеною на рис. 4.

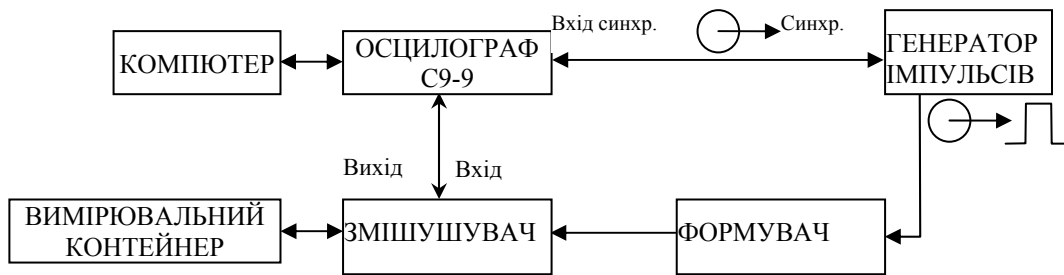


Рис .4. Структурна схема підключення контейнера кінцевого типу

Зміною величини X і Y на екрані рефлектометра добиваються збігом фронтів сигналу. Після цього обчислюємо значення ϵ' і ϵ'' .

Для перевірки застосовності установки по дослідженню деяких чистих рідин були зміряні діелектричні параметри біооб'єктів , які раніше вивчалися частотними методами. Отримані результати $\epsilon'(j\omega)$ і $\epsilon''(j\omega)$ для гліцерину, (табл. 1), похибки вимірювань діелектричних параметрів склали 1...2% ϵ' і 2...3% для ϵ'' .

Таблиця

**Діелектрична проникність $C_3H_8O_3$ (гліцерину)
залежно від частоти при $t = 28^0$**

f , МГц	ϵ'	ϵ''	f , МГц	ϵ'	ϵ''
15	41,31	2,11	1300	10,96	8,14
30	41,18	4,13	1400	10,57	7,79
300	22,88	14,60	1500	10,29	7,52
400	18,93	13,20	1600	9,95	7,10
450	17,85	12,01	1700	9,78	7,00
500	15,92	11,2	1800	9,58	6,82
900	12,79	9,69	2000	9,17	6,40
1000	11,98	9,02	6900	6,42	3,10
1100	11,74	8,80	9200	5,90	2,54
1200	11,30	8,46	13800	4,70	1,35

Результати досліджень.

По розробленій нами методиці була досліджена нативна сперма бика. Результати вимірювань дисперсії діелектричної проникності еякуляту представлені на рис. 5.

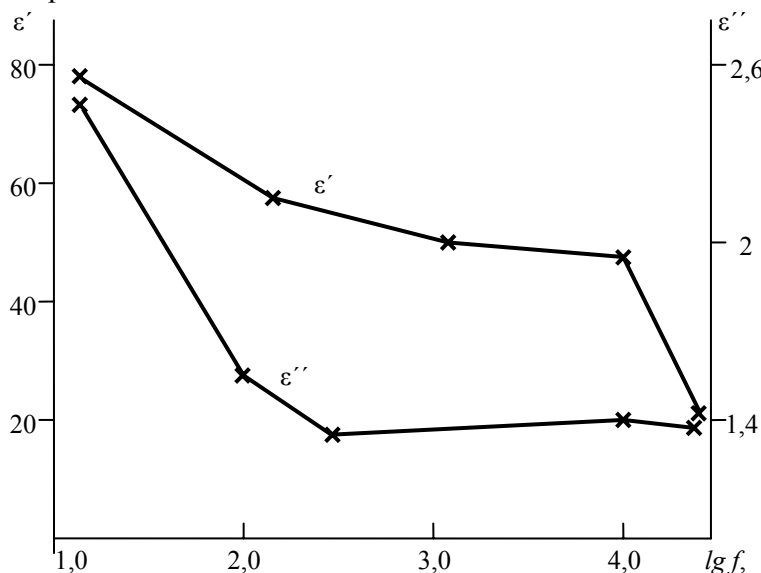


Рис. 5. Дисперсії діелектричної проникності нативної сперми бика

У експерименті використовувався еякулят, стабілізований криопротектором харківської технології. Вимірювання були проведені при $T = 25^0C$. Експерименти проведені тільки з нативною спермою в умовах, що виключають її руйнування в процесі вимірювань.

Висновки.

В результаті проведених досліджень показано, що метод імпульсної рефлектометрії дозволяє аналізувати структурно-функціональний стан не тільки мембран, а і всієї клітини, як в процесі так і після криоконсервування, а також стан її водного компоненту та гідратного оточення, що надалі дозволить підвищити продуктивність тварин і вирішити ряд завдань нерозривно пов'язаних із створенням бази даних діелектричних характеристик біологічних систем.

Для проведення діелектричної спектроскопії біологічних об'єктів слід використовувати імпульсні рефлектометричні системи з наступними параметрами:

- вхідний опір $50 \pm 1,5$ Ом;
- похибка вимірювання напруги $\pm 0,3\%$;
- похибка вимірювання часових інтервалів $\pm 0,2\%$;
- коефіцієнт розгортки 10 пс/діл;
- параметри імпульсів формувача на навантаженні 50 ± 1 Ом.

Література

1. Шкабыдова Р.А. Исследование электрофизических свойств молока в электромагнитном поле СВЧ: автореф. дис.на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук: спец. 05.20.02 / Р.А. Шкабыдова. – ВНИИМП, 1972. – 20 с.
2. Радиоизмерительные приборы. – М.: НИИ ЭКОС, 1992. – 159 с.
3. Смердов А.А. Вплив УВЧ опромінення на інтенсивність обмінних процесів у насінні / А.А. Смердов, С.І. Волков, А.А. Ландар // Вісник ПДАА. – №2. – 2008. – С.172-174.
4. Федюшко Ю.М. Технічні параметри і конструктивні особливості імпульсного рефлектометра для діелектричної спектроскопії біологічних об'єктів / Ю.М. Федюшко, І.В.Борохов // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2009. – Вип. 9, Т. 2. – С. 126-131.

Summary**Y. Fediushko, Y. Khandola****THE USE OF IMPULSIVE SPECTROSCOPY IS FOR RESEARCH OF PROPERTIES OF LIQUID DIELECTRICS**

By impulsive reflektometra dielectric properties of native sperm of bull, the use of which will allow to create the bases of these dielectric descriptions of biological objects are probed.

Key words: *impulsive reflektometr, dielectric permeability, native sperm.*

Стаття надійшла до редакції 10.09.2010