

УДК 621.317

А. Е. ПОЕДИНЧУК, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник  
Харьковский институт радиофизики и электроники НАН Украины им. О. Я. Усикова,  
г. Харьков

Н. Г. КОСУЛИНА, д-р техн. наук, проф.

Харьковский национальный технических университет сельского хозяйства  
им. П. Василенко, г. Харьков

## ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

*В статье обоснован метод анализа электрофизических параметров биологических объектов на основе метода ортогональных моментов.*

*У статті обґрунтований метод аналізу електрофізичних параметрів біологічних об'єктів на основі методу ортогональних моментів.*

### Введение

Анализ диэлектрической проницаемости биологических объектов в широкой полосе частот является актуальной задачей для электромагнитной биологии. Решений этой проблемы возможно на основе рефлектометрических систем, которая связана с теоретическими исследованиями.

### Основная часть

Разработаем алгоритм идентификации частотных характеристик исследуемых биообъектов с помощью метода ортогональных моментов для реализации на ЭВМ [1].

Запишем зондирующий сигнал и сигнал отклика рефлектометра в виде дифференциального уравнения:

$$\sum_{k=1}^n a_k \frac{d^k}{dt^k} u_0(t) = \sum_{k=0}^n b_k \frac{d^k}{dt^k} u_3(t). \quad (1)$$

Эта модель может быть представлена в несколько ином виде, если перейти к изображениям по Лапласу. Тогда передаточная функция определяется выражением:

$$K(p) = \sum_{k=0}^m b_k p^k = \sum_{k=0}^n a_k p^k. \quad (2)$$

На основании (2) после определения коэффициентов  $a_k$  и  $b_k$  рассчитывается амплитудно-частотная характеристика системы.

Перейдем к идентификации коэффициентов выражений (1) и (2).

Для построения реализуемого на ЭВМ алгоритма используем конечномерным подходом к задаче идентификации. Согласно этому подходу полагаем, что существует некоторый базис-набор функции  $\varphi_i(t)$  такой, что зондирующий сигнал и отклик могут быть представлены конечными наборами функций  $\varphi_i(t)$ :

$$u_3(t) = \sum_{i=0}^{N-1} x_i \varphi_i(t);$$

$$u_0(t) = \sum_{i=0}^{N-1} y_i \varphi_i(t).$$

В дальнейшем совокупность коэффициентов  $x_i$  и  $y_i$  обозначаются векторами  $x$  и  $y$ . После выбора базиса операция дифференцирования сводится к умножению на  $D$ -матрицу

дифференцирования. С учетом сказанного (2) записывается в виде:

$$y + \sum_{k=1}^n a_k D^k y = \sum_{k=0}^m b_k D^k x. \quad (3)$$

Это соотношение устанавливает связь между дискретными моделями входных и выходных сигналов.

Для получения дальнейших соотношений выбираем ортонормируемый базис:

$$\varphi_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } t \in [i\Delta t, (i+1)\Delta t] \\ 0, & \text{если } t \notin [i\Delta t, (i+1)\Delta t] \end{cases}$$

Здесь  $i = 0, 1, 2, \dots, N-1$ .

Спектральный коэффициент  $y_i$  при ортогональном базисе определяется с помощью выражения (для определенности записан коэффициент отклика  $u_0$ ):

$$y_i = \left( \int_0^T \varphi_i(t) u_0(t) dt \right) \left( \int_0^T \varphi_i^2(t) dt \right)^{-1}.$$

При выбранном базисе:

$$y_i = \frac{1}{\Delta t} \int_{i\Delta t}^{(i+1)\Delta t} u_0(t) dt.$$

Таким образом, спектральные коэффициенты в рассматриваемом базисе представляют средние значения непрерывного сигнала на интервале длительностью  $\Delta t$ .

Удобство применения такого базиса заключается в том, что реальные дискретные значения обрабатываемых на ЭВМ сигналов представляют результат усреднения на некотором интервале  $\Delta t$  непрерывного сигнала.

Это усреднение объясняется инерционностью АЦП, стробоскопического преобразователя и других элементов, применяемых при получении дискретных значений обрабатываемых сигналов.

Следовательно, дискретные значения сигналов, поступающих в ЭВМ, можно рассматривать как набор спектральных коэффициентов в базисе. Дополнительных погрешностей, связанных с разложением сигналов по системе базисных функций, при таком выборе базиса не возникает.

#### Список литературы

1. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Сов. радио, 1977. – 607 с.
2. Федюшко Ю. М. Применение функционального метода для анализа электрофизических параметров биообъектов // Ю. М. Федюшко, Н. Л. Лисиченко. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Збірник наукових праць «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Вип. 57. – Т. 1. – Харків: ХНТУСГ, 2007. – С. 98–105.

#### GROUND OF METHOD OF ANALYSIS OF INDUCTIVITY OF BIOLOGICAL OBJECTS

A. E. POEDINCHUK, Cand. Fiz.-Matem. Scie., N. G. KOSULINA, Dr. Scie.Tech., Pf.

In the article the method of analysis of electrical parameters of biological objects based on the method of orthogonal moments was explained.

Поступила в редакцию 14.02 2012 г.