

**Abstract**

The dynamic development of information security sphere are constantly brings new demands to the respective information security systems. As a rule, a record of all such requirements is connected with the problem of multicriteria optimization, which is aggravated by weakly formalized requirements. They are of different physical dimension and quantitative and qualitative measurement, and they have contradictory nature that limits the application field of the existing methods of multicriteria optimization.

The article represents the modern technology of multicriteria synthesis of information security systems, based on the inserted scalar folding technique, adapted to the solution of a particular issue. The application of suggested technology allows taking into account the variety of requirements to the information security system, as well as removes the issue of their amount and nature of origin. As a result of multicriteria synthesis of information security system, according to the suggested technology, the designer of the system has an opportunity to assess the level of information security, which the system will be able to provide.

The article presents a model example of application of the suggested methodology

**Keywords:** information security system, scalar folding, optimization criterion, multicriteria synthesis, technology

В результаті проведеного аналізу робіт визначена необхідність розробки джерел для виміру і контролю діелектричної проникності біологічних об'єктів. Проведено визначення наближеної формули, яка зв'язує резонансну частоту з геометричними і електродинамічними параметрами резонатора. Були досліджені коливання «шепучої галереї». Основна увага приділена вивченню залежності резонансних частот і радіаційних добротностей від зміни товщини резонатора

Ключові слова: резонатор, частота, коливання, добротність, спектр, об'єкт, джерело

В результате проведенного анализа работ определена необходимость разработки источников для измерения и контроля диэлектрической проницаемости биологических объектов. Проведено определение приближенной формулы, которая связывает резонансную частоту с геометрическими и электродинамическими параметрами резонатора. Были исследованы колебания «шепчущей галереи». Основное внимание уделено изучению зависимости резонансных частот и радиационных добротностей от изменения толщины резонатора

Ключевые слова: резонатор, частота, колебание, добротность, спектр, объект, источник

УДК 614.89:537.868

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ РЕЗОНАТОРА

**Н. П. Кунденко**

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра «Интегрированные  
электротехнологии и процессы»

Харьковский национальный технический  
университет сельского хозяйства

им. П. Василенко

ул. Артема, 44, г. Харьков, Украина, 61002

Контактный тел.: (057) 712-28-33

E-mail: n.p.kundenko@inbox.ru

### 1. Введение

Проведенный анализ работ показал, что точность измерений ДП зависит от стабильности частоты генератора и добротности измерительного резонатора. Аппаратура, предназначенная для измерения изменений диэлектрических параметров жидкости,

должна обеспечивать не только необходимый уровень подводимой мощности и частоты сигнала, но и удовлетворять высоким требованиям по стабильности частоты, степени подавления дискретных составляющих в спектре выходного сигнала, габаритам, надежности, экономичности и сроку службы. Результаты численного анализа показывают, что для

информационного воздействия на биологический эффект, необходимы источники излучения в диапазоне 70-75 ГГц с нестабильностью  $10^{-7} - 10^{-8}$ , уровнем фазовых шумов 120-130дБ/Гц на частоте отстройки от несущей частоты 10кГц и ослаблением дискретных составляющих в спектре выходного сигнала на 40-50дБ.

Отсутствие источников колебаний КВЧ диапазона, удовлетворяющих вышеизложенным требованиям, выдвинуло необходимость создания такого источника.

## 2. Основные материалы исследования

Разработка устройств на основе ДР зависит от решения задачи синтеза резонатора, т.е. определения его геометрических размеров по заданным параметрам материала, частотным характеристикам и типу колебаний. Точные методы расчёта спектра колебаний дисковых диэлектрических резонаторов пока не реализованы. Основная причина состоит в том, что собственные колебания резонатора должны рассматриваться в неограниченной области и на бесконечности удовлетворять условию излучения [1]. Существуют приближенные подходы, позволяющие с использованием современных компьютеров эффективно, с вычислительной точки зрения, рассчитывать спектральные характеристики (спектр собственных частот, собственные колебания и их добротности) диэлектрических резонаторов. Один из таких подходов основан на методе частичных областей (метод разделения переменных, метод сшивания) [2,3]. Для колебаний «шепчущей галереи» использование такого метода в сочетании с приближённым представлением поля собственных колебаний вблизи границы резонатора позволяет достаточно точно, с практической точки зрения, рассчитать его характеристики.

Рассмотрим полудисковый резонатор из анизотропного диэлектрика радиусом  $R$  и толщиной  $L$ , расположенный на идеально проводящей плоскости и находящийся в однородной и изотропной среде с диэлектрической и магнитной проницаемостями, соответственно  $\epsilon_0$  и  $\mu_0$ .

Запишем уравнения в цилиндрической системе координат для  $z$ -составляющих электрического и магнитного полей колебаний в разных областях резонатора в форме, принятой в [2], и требуя выполнения граничных условий на дисковой поверхности резонатора, получим первое характеристическое уравнение для определения спектра НЕ и ЕН-колебаний

$$\left[ \frac{\dot{H}_n^{(2)}(x_2)}{H_n^{(2)}(x_2)} \frac{1}{x_2} - \frac{\dot{I}_n(x_1)}{I_n(x_1)} \frac{1}{x_1} \right] \cdot \left[ \frac{\dot{H}_n^{(2)}(x_2)}{H_n^{(2)}(x_2)} \frac{1}{x_2} - \frac{\dot{I}_n(\gamma x_1)}{I_n(\gamma x_1)} \frac{\epsilon_{\parallel}}{\gamma x_2} \right] = \left[ \frac{4n\tilde{\beta}k(\epsilon_{\perp}-1)\Phi^2}{x_1^2 x_2^2} \right], \quad (1)$$

где:  $\Phi = R/L$  - формат резонатора;  
 $k = kL$ ,  $\tilde{\beta} = \beta L$ ,  $k$  - волновое число,  $\beta$  - продольная постоянная распространения;  
 $n$  - азимутальный индекс;

$x_1 = 2\Phi\sqrt{k^2\epsilon_{\perp} - \tilde{\beta}^2}$ ,  $x_2 = 2\Phi\sqrt{k^2 - \tilde{\beta}^2}$ ,  $I_n$  и  $H_n^{(2)}$  - цилиндрические функции  $n$ -го порядка Бесселя и Ханкеля.

Точки над функциями Бесселя и Ханкеля означают дифференцирование по всему аргументу.

Уравнение (5) содержит две неизвестные величины  $\tilde{k}$  и  $\tilde{\beta}$ . Связь между ними можно установить, «сшивая» поля на границе 1 и 3  $\left( z = \pm \frac{L}{2} \right)$ .

Будем рассматривать только НЕ-колебания.

Для НЕ-колебаний ( $E_z^{(1)} \sim \cos \beta z$ ,  $H_z^{(1)} \sim \sin \beta z$ ) получим второе характеристическое уравнение

$$\epsilon_{\parallel} \alpha^2 - \alpha \beta \left( \tan \beta \frac{L}{2} - \epsilon_{\parallel} \cot \beta \frac{L}{2} \right) - \beta^2 = 0. \quad (2)$$

Третье уравнение системы

$$\alpha^2 + \beta^2 = k^2 (\epsilon_{\perp} - 1) \quad (3)$$

является иной формой записи граничных условий для  $z$ -компонент электромагнитного поля на торцах диска, где  $\alpha$  - постоянная затухания вдоль оси  $z$ .

$$\alpha = \begin{pmatrix} \beta \tan \frac{\beta L}{2} \\ -\frac{1}{\epsilon_{\perp}} & \beta \cot \frac{L}{2} \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$k_0^2 = \beta^2 (\epsilon_{\perp} - 1)^{-1} \begin{cases} 1 + \tan^2 \frac{\beta L}{2} \\ 1 + \frac{1}{\epsilon_{\perp}} \text{Atan}^2 \frac{\beta L}{2} \end{cases} \quad (5)$$

Запишем (5) в нормированных величинах  $u = \beta R$  и  $k_0 = k_0 R$

$$(k_0 R)^2 = u^2 (\epsilon_{\perp} - 1)^{-1} \begin{cases} 1 + \tan^2 \left( u \frac{L}{2R} \right) \\ 1 + \frac{1}{\epsilon_{\perp}^2} \text{Atan}^2 \left( u \frac{L}{2R} \right) \end{cases} \quad (6)$$

Нормированные собственные волновые числа  $k_0 R = \frac{\omega R}{c}$  с учетом (5) определим собственные частоты резонатора:

$$\omega = \frac{c}{R} \sqrt{\frac{x^2 + y^2}{\epsilon_{\perp} - 1}}, \quad (7)$$

где:  $c$  - скорость света в вакууме;

$$x^2 = \frac{u^2}{\epsilon_{\perp} - 1} \begin{cases} 1 + \frac{1}{\epsilon_{\perp}} \tan^2 \left( \frac{uL}{2R} \right), \\ 1 + \epsilon_{\perp} \cot^2 \left( \frac{uL}{2R} \right), \end{cases} \quad (8)$$

$$y^2 = \frac{u^2}{\epsilon_{\perp} - 1} \begin{cases} \epsilon_{\perp} - 2 - \frac{1}{\epsilon_{\perp}^2} \tan^2 \left( \frac{uL}{2R} \right), \\ \epsilon_{\perp} - 2 - \text{ctan}^2 \left( \frac{uL}{2R} \right). \end{cases} \quad (9)$$

Были исследованы колебания «шепчущей галереи» HE<sub>nml</sub> для различных значений азимутального индекса n. Основное внимание уделено изучению зависимости резонансных частот и радиационных добротностей от изменения толщины резонатора. Установлено зависимость, если резонансное волновое число k<sub>0</sub> и постоянная распространения β вдоль ои резонатора удовлетворяют уравнению:

$$I_n \left( R \sqrt{k_0^2 \epsilon_{\perp} - \beta^2} \right) \cong 0 \quad (10)$$

Следовательно,  $k_0^2 \epsilon_{\perp} - \beta^2 = \frac{V_{nl}^2}{R^2}$ ,

где V<sub>nl</sub> - l - корень функции Бесселя J<sub>n</sub>(x).

Для этого случая с помощью характеристического уравнения получена приближенная формула, связывающая резонансную частоту с геометрическими и электродинамическими параметрами резонатора:

$$f = \frac{cV_{nl}}{2\pi R \sqrt{\epsilon_{\parallel}}} \sqrt{1 + \frac{2(\epsilon_{\perp} - \epsilon_0)}{\epsilon_0 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{(\epsilon_{\perp} - \epsilon_{\parallel}) \left( \frac{LV_{nl}}{R} \right)^2}{\epsilon}} \right)}} \quad (11)$$

Поскольку колебания «шепчущей галереи» имеют достаточно большие азимутальные индексы n, то для расчета корней V<sub>nl</sub> можно использовать следующую асимптотическую формулу [4]

$$V_{nl} \cong n + 1.85n^{1/3}. \quad (12)$$

Для рассматриваемого полудискового сапфирового резонатора с параметрами R = 10мм, L = 2мм приведены рассчитанные зависимости радиационной добротности а) и частоты б) от толщины резонатора с колебаниями HE<sub>2811</sub> (рис. 1).

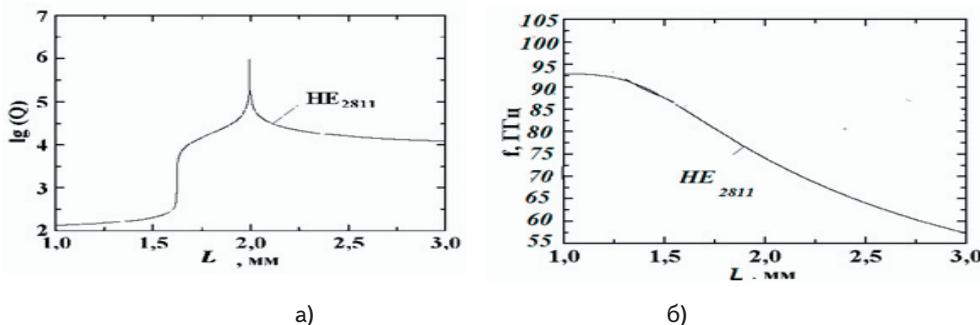


Рис. 1. Зависимости радиационной добротности а) и частоты б) от толщины резонатора

### 3. Выводы

Установлено, что значениям толщины резонатора, при которых наблюдается максимальная радиационная добротность, отвечают резонансные частоты, при которых тангенциальные компоненты электрического поля практически близки к нулю на

боковой поверхности резонатора. Таким образом, задавая резонансную частоту генератора f, формат резонатора Φ и его электродинамические параметры можно по указанной выше формуле рассчитать азимутальный индекс n колебания «шепчущей галереи», имеющего максимальную радиационную добротность.

### Литература

1. Шестопалов В.П. Спектральная теория и возбуждение открытых структур [Текст] / В.П. Шестопалов // - К: Наукова думка, 1987. - 283 с.
2. Вычислительные методы в электродинамике [Текст] учеб. / под ред. М. Н. Митры:- Мир, 1977. - 485 с.
3. Ильченко М.Е., Трубин А.А. Теория диэлектрических резонаторов [Текст]. учеб / М.Е. Ильченко, А.А. Трубин // - К.-: Либідь, 1993. - 214 с.
4. Анго А.О. Математика для электро- и радиоинженеров. [Текст]. учеб / А.О. Анго // -М.: Изд-во Наука.1966, -778с.

### Abstract

*It was studied that the information impact on biological effects requires the radiation sources over the range 70 to 75 GHz with instability 10<sup>-7</sup> - 10<sup>-8</sup>, phase noise from 120 to 130 dB/Hz on the detuning frequency from carrier frequency 10 kHz, and weakening of the discrete components in the spectrum of the output signal at 40 -50 dB.*

The rigorous methods of disk dielectric resonators have not been realized. The main reason is that the natural oscillations of the resonator should be considered in an unlimited region and should satisfy the radiation condition at the infinity. The “whispering gallery”  $HE_{nm}$  oscillations were studied for various values of the azimuth index  $n$ . The attention was focused on the dependence of the resonance frequencies and radiation quality factors from the change of resonator thickness. Using the characteristic equation, an approximate formula, relating the resonance frequency with geometric and electrodynamic parameters of the resonator, was obtained. It was determined that the resonance frequencies, at which the tangential components of the electric field are close to zero on the side surface of the resonator, correspond to the values of the resonator thickness, at which a maximum radiation quality factor is observed

**Keywords:** resonator, frequency of oscillation, quality factor, spectrum, object, source

Характерною особливістю даної роботи є те, що в ній обговорюється вирішення задач розпізнавання заданих сигналів при автоматизованому радіоконтролі. Наводяться результати досліджень методів селекції та розпізнавання заданих сигналів, оснований на різних ймовірнісних моделях, зокрема, авторегресійних процесів і суміші розподілів сигналів

**Ключові слова:** сигнал, ймовірнісна модель, авторегресійний процес, суміш розподілів, метод розпізнавання, автоматизований радіоконтроль

Характерной особенностью данной работы является то, что в ней обсуждается решение задач распознавания заданных сигналов при автоматизированном радиоконтроле. Приводятся результаты исследований методов селекции и распознавания заданных сигналов, основанных на разных вероятностных моделях, в частности, авторегрессионных процессов и смеси распределений сигналов

**Ключевые слова:** сигнал, вероятностная модель, авторегрессионный процесс, смесь распределений, метод распознавания, автоматизированный радиоконтроль

УДК 621.391

## РАСПОЗНАВАНИЕ ЗАДАНЫХ СИГНАЛОВ В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАДИОКОНТРОЛЯ

**В. М. Безрук**

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Кафедра «Сети связи»

Харьковский национальный университет радиозлектроники

пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

Контактный тел.: (057) 702-14-29

E-mail: bezruk@kture.kharkov.ua

**О. Г. Лебедев**

Кандидат технических наук

Харьковский университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба

ул. Сумская, 77/79, г. Харьков, Украина, 61023

### Введение

В задачах автоматизированного радиоконтроля из-за действия помех и многих других неконтролируемых факторов поступающие на распознавание сигналы носят случайный характер с априори неизвестными статистическими характеристиками. Априорная неопределенность преодолевается с использованием обучающих выборок сигналов, которые используются для оценивания неизвестных статистических характеристик в рамках выбранной вероятностной модели сигналов. Однако специфика реальных задач распознавания такова, что кроме заданных сигналов на обработку могут поступать также неизвестные сигналы,

для которых не представляется возможным получить обучающих выборок.

В классических методах распознавания сигналов обычно полагается, что число проверяемых гипотез равно числу классов распознаваемых сигналов, заданных своими классифицированными выборками. При этом, когда наблюдается неизвестный сигнал, он будет ошибочно отнесен к одному из классов заданных сигналов. Чтобы исключить такую ошибку распознавания, сигнал, не принадлежащий к заданным сигналам, должен быть отнесен к классу неизвестных сигналов.

Таким образом, для решения реальных прикладных задачах распознавания существует необходимость применения нетрадиционных методов распознавания