

Висновки

В даній роботі запропонована альтернативна модель генерації переваг. Вона базується на модифікованій

моделі Колмогорова та моделі динаміки переваг в рамках суб'єктивного аналізу. Такий підхід відкриває нові можливості для моделювання активних систем. Деякі результати були вже представлені на початку роботи.

Література

1. Бурков, В. Н. Теория активных систем: состояние и перспективы [Текст] / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. – М. : Синтег, 1999. – 128 с.
2. Новиков, Д. А. Курс теории активных систем [Текст] / Д. А. Новиков, С. Н. Петраков. – М. : Синтег, 1999. – 104 с.
3. Новиков, Д. А. Механизмы управления динамическими активными системами [Текст] / Д. А. Новиков, И. М. Смирнов, Т. Е. Шохина. – М. : ИПУ РАН, 2002. – 124 с.
4. Касьянов, В. А. Субъективный анализ [Текст] / В. А. Касьянов. – К. : НАУ, 2007. – 512 с.
5. Касьянов, В. А. Моделирование полета [Текст] / В. А. Касьянов. – К. : НАУ, 2004. – 400 с.
6. Jaynes, E. T. Information Theory and Statistical Mechanics [Text] / E. T. Jaynes // Phys. Rev. – 1957. – №4. – P. 620-630.
7. Кононюк, А. Е. Информациология. Общая теория информации [Текст] / А. Е. Кононюк. – К. : Освіта України, 2011. – 412 с.

Визначені загальні закономірності варакторної перебудови частоти високодобротних резонаторів, отримані результати використовуються для розрахунку резонаторів різної геометрії

Ключові слова: варактор, резонатор, перебудова, діод

Определены общие закономерности варакторной перестройки частоты высокодобротных резонаторов, полученные результаты используются для расчета резонаторов различной геометрии

Ключевые слова: варактор, резонатор, перестройка, диод

The general regularities of the varactor re-erecting of frequency of high-Q resonators are certain, the received results are used for calculation of resonators of various geometry

Keywords: varactor, resonator, re-erecting, diode

УДК 614.89:537.868

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ ПОЛУДИСКОВОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО 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, 067-743-77-76

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

1. Введение

Точность измерений диэлектрической проницаемости (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 срока службы. Отсутствие источников колебаний КВЧ диапазона,

удовлетворяющих вышеизложенным требованиям, выдвинуло необходимость создания такого источника. Создание частотно стабилизированных генераторов с электрической перестройкой частоты основано на применении высокодобротных резонаторов, собственная частота которых управляется регулируемой ёмкостью варакторного диода [1, 2].

2. Основные материалы исследования

Рассмотрим варакторную перестройку частоты полудискового диэлектрического резонатора на основе электродинамической модели, учитывающей геоме-

трию резонатора и его связь с волноводными сочленениями. Рассматриваемая конструкция волноводно-резонаторной цепи представлена на рис. 1. Полуциркулярный стабилизирующий резонатор 1 радиусом R размещён на металлическом зеркале 2 и связан с волноводами 3 и 4 размерами $a = 3.6\text{мм}$, $b = 1.8\text{мм}$ прямоугольными щелями 5 с размерами b_1 и b_2 . Варактор 6 размещён в центре широкой стенки волновода, на расстоянии l_r от резонатора; на расстоянии l_p от варактора размещён короткозамыкающий поршень 7.

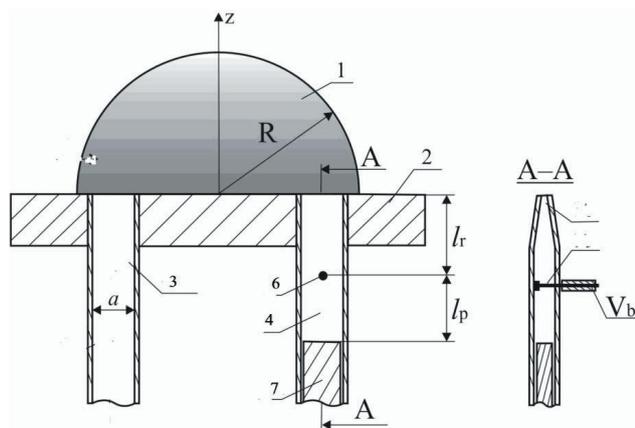


Рис. 1. Конструкция перестраиваемого варактором полуциркулярного резонатора

Связь резонатора с волноводами осуществлялась прямоугольными зауженными щелями 5, широкие стенки которых ориентированы параллельно радиусу резонатора R . Такой вариант связи представлен эквивалентной схемой, в которой реактивности связи $X_i (i=1,2)$ включаются последовательно (рис. 2).

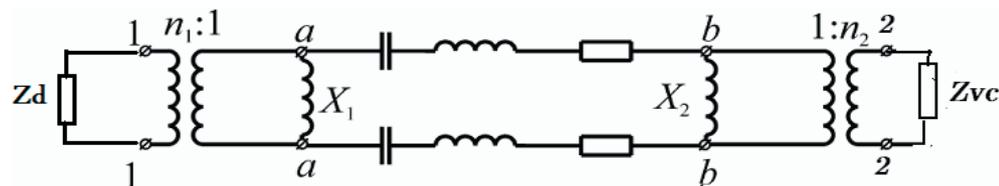


Рис. 2. Эквивалентная схема последовательного включения варактора в резонатор

Здесь Z_{vc} - импеданс варакторной секции, приведенный к клеммам 2-2; n_i - идеальные трансформаторы; Z_p - входной импеданс короткозамкнутого отрезка волновода на клеммах $a-b$ определим соотношением

$$Z_p = \frac{x}{Q_0} + jx \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right), \tag{1}$$

$$\text{где } x = \frac{k\pi Z_3}{2} \left(\frac{\Lambda_{03}}{\lambda_0} \right)^2; \Lambda_{03} = \Lambda_3(\omega_0); \lambda_0 = \lambda(\omega_0).$$

Параметры эквивалентной схемы для резонатора прямоугольного сечения и для резонаторов круглого сечения определены в [3].

Резонатор характеризуется собственной добротностью Q_0 , резонансной частотой ω_0 и коэффициентом

связи β_1 (при $b_2 = 0$) и β_2 (при $b_1 = 0$) с волноводами 3 и 4 соответственно, причем

$$\beta_i = \frac{R_i}{Z_i}, \tag{2}$$

где Z_i - волновое сопротивление прямоугольного волновода $i (i=1,2)$; $R_i = Q_0 \frac{n_i^2 X_i}{2x}$.

Эквивалентная схема варактора в волноводно-штыревой секции представлена на рис. 3. Клеммы 3-3 и 4-4 соответствуют сечению штыря в волноводе. Параметры $L_1, C_1, C_2, C_s, L_s, n$ описывают индуктивный штырь с емкостным зазором в прямоугольном волноводе [3]; параметры C_k и L_k - емкость и индуктивность корпуса варактора соответственно. Предполагается, что сопротивление потерь варактора R_s не зависит от напряжения смещения U .

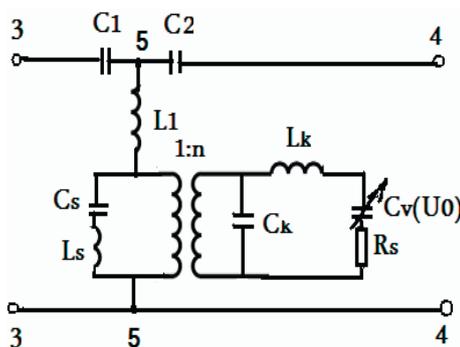


Рис. 3. Эквивалентная схема варактора в волноводно-штыревой секции

Перестройка частоты генератора осуществлялась варактором типа 3А639 В со следующими параметрами:

коэффициент перекрытия по емкости

$$K_V = C_V(0) / C_V(U_{maE}) = 2.8$$

$$\varphi_k = 0.7\text{В}; L_k = 0.2\text{нГм};$$

$$C_V = 0.06 - 0.14\text{пФ};$$

$$R_s = 0.5\text{Ом}; C_k = 0.1\text{пФ};$$

добротность диода

$$(U_{обр.} = -6\text{В}) Q_V = 3000.$$

Рассеиваемая непрерывная мощность на варакторе $P_V = 10-15\text{Вт}$. Качество варактора характеризуется постоянной времени $\tau = R_s C_V(0)$.

Варакторная перестройка резонатора характеризуется относительной шириной перестройки $\Delta\omega_{\pm} / \omega_0$, минимальными и максимальными величинами собственной добротности Q_{\pm}^{\min} , Q_{\pm}^{\max} , фазовым расстоянием между варактором и поршнем $\varphi_{\pm p} = 2\pi l_p / \Lambda_2 = \varphi_0 + \Delta\varphi$, где $\varphi_0 = k\pi; \Delta\varphi \ll \pi$. Индексы «+» и «-» относятся к двум частотам Вина.

Анализ [4] показал, что потери мощности на стабилизацию частоты на кривой ω_+ меньше чем на кривой ω_- . Поэтому нами проведены расчеты только для частот ω_+ .

В связи с нелинейной зависимостью $C_V(U)$ характеристики перестройки эквивалентного резонатора $\omega_+(U)$ также нелинейны. Как показывают расчеты, линеаризация функции $\omega_+(U)$ возможна при опреде-

ленных условиях. Область параметров на плоскости (β_2, Z_2) , в которой возможна линейаризация перестройки резонансной частоты в полосе $\Delta\omega_+ / \omega_0 = 0.15\%$, с коэффициентом нелинейности

$$\mu = 2 \left| \left(\frac{d\omega_+}{dU} \Big|_{U=0} - \frac{d\omega_+}{dU} \Big|_{U_{max}} \right) / \left(\frac{d\omega_+}{dU} \Big|_{U=0} + \frac{d\omega_+}{dU} \Big|_{U=U_{max}} \right) \right| < 0.3 \quad (3)$$

представлена на рис. 4. (заштрихованная область).

Линейность функции $\omega_+(U)$ может быть достигнута путем реализации на клеммах 5-5 (рис. 3) резонанса в цепи варактора с применением короткозамыкающего поршня.

Анализ показывает, что ряд особенностей реальных систем принципиально важен при рассмотрении варакторной перестройки. Так, например, дисперсия волновода варакторной секции оказывает существенное влияние на полосу перестройки и ее линейность. Импеданс варакторной секции Z_{VC} (рис. 3) можно представить в виде:

$$Z_{VC} = R_{VE} + j(\omega L_E - \frac{1}{\omega C_E}), \quad (4)$$

где

$$L_E = \frac{Z_2 \Phi_0 \chi}{2}; \quad C_E = \frac{2}{Z_2 \Phi_0 \chi \omega_\pi}; \quad \chi = \frac{1}{1 - \left(\frac{\lambda_\pi}{\lambda_{кр}} \right)^2};$$

$$\omega_\pi = \frac{\pi c}{l_p} \sqrt{1 - (2l_p / \lambda_{кр})^2}; \quad Z_{VE} = Z_V + j\omega(L_k + L_2 - C_1);$$

$\lambda_\pi = \lambda(\omega_\pi)$; c – скорость света в вакууме; $\lambda_{кр}$ – критическая длина волны в волноводе ($\lambda_{кр} = 20$).

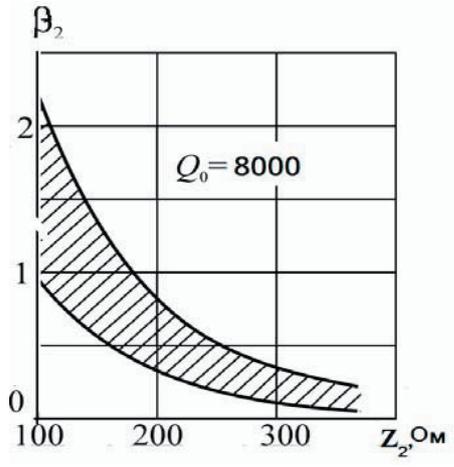


Рис. 4. Область возможной линейаризации перестройки

Частота Вина системы резонатор-варакторная секция определяется соотношением

$$\omega_+(U) = \frac{\omega_0}{2} \left[2 + \delta(U) + \sqrt{\delta^2(U) + \alpha} \right], \quad (5)$$

где

$$\delta(U) = \frac{\omega_V(U) - \omega_p}{\omega_p}; \quad C_\Sigma(U) = \frac{C_V(U)C_E}{C_V(U) + C_E};$$

$L_\Sigma = L_E + L_K + L_2$; $\alpha = Z_2 / \omega_p L_\Sigma Q_0$ – эквивалентный параметр связи; ω_p – резонансная частота резонатора с учетом реактивностей связи X_1 и X_2 .

В реальных волноводных системах выполняются условия $C_E \ll C_V(U)$; $L_E \gg L_K + L_2$ и из приведенных соотношений следует, что дисперсия оказывает существенное влияние на полосу варакторной перестройки и на ее линейность. Критичность настройки резонатора на заданную полосу $\Delta\omega_+$ определяются величиной параметра связи $\alpha \approx 2\beta_2 / \Phi_0 \chi Q_0$ и уменьшаются при ее увеличении.

Численные результаты показывают, что для заданной величины Z_2 компенсация нелинейности перестройки достигается при вполне определенных значениях связи.

Из соотношения (5) можно определить полосу перестройки частоты с заданным коэффициентом нелинейности μ при выполнении условия:

$$\frac{2 - \eta}{2 + \eta} F < \beta_2 < \frac{2 + \eta}{2 - \eta} F, \quad (6)$$

$$\text{где } F = \frac{2K_V - 1}{2} \frac{Q_0}{\Phi_0 \chi} \left[\frac{1}{Z_2 \omega_p C_V(U_0)} \right]^2.$$

из (6) следует, что для лианеризации перестройки частоты целесообразно уменьшение волнового сопротивления варакторной секции Z_2 , а также параметра дисперсии χ поскольку при этом возрастает величина оптимальной связи β_2 и уменьшается критичность ее выбора.

На рис. 5 приведены характеристики $\Delta\omega_+(U) / \omega_0$ для случая применения дополнительного резонансного контура с добротным варакторным диодом ($Q_V = 3000$). Из расчетов следует, что критичность настройки резонансной системы на линейность возрастает при увеличении добротности варакторной секции.

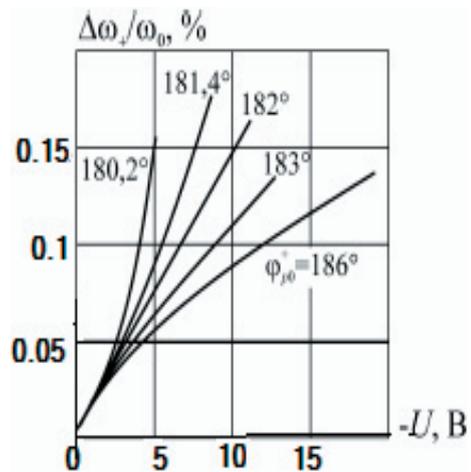


Рис. 5. Зависимости нормированной полосы перестройки от напряжения смещения на варакторе при включении его в варакторную секцию с короткозамыкающим поршнем ($Z_2 = 360$ Ом, $\beta_2 = 1,5$)

На рис. 6 показано изменение $\Delta\omega_+/\omega$ в зависимости от β_2 при $Q_+^{min}/Q=0.5$ без учета (кривая 1 и кривая 2) зависимости собственной добротности резонатора от величины связи β_2 (см. рис. 1). Видно, что имеется оптимальная связь, при которой полоса перестройки максимальна.

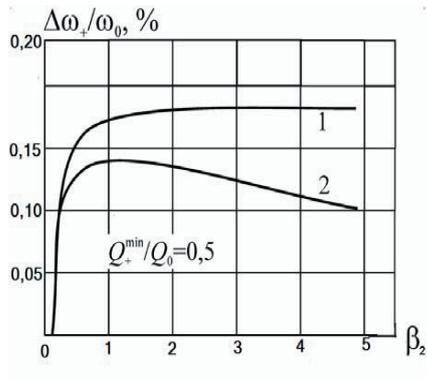


Рис. 6. Зависимость нормированной полосы электронной перестройки от величины β_2 без учета (кривая 1) и с учетом (кривая 2) зависимости $Q_0(\beta_2)$ при $Q_+^{min} = \text{const}, Z_2 = 360 \text{ Ом}$

Зависимости собственной добротности резонатора от полосы перестройки для различных величин Q_0 представлены на рис. 7.

Видно, что выбор требуемой полосы перестройки необходимо проводить с учетом величины собствен-

ной добротности Q_0 . Для увеличения полосы перестройки необходимо применение резонаторов с меньшими величинами собственной добротности Q_0 .

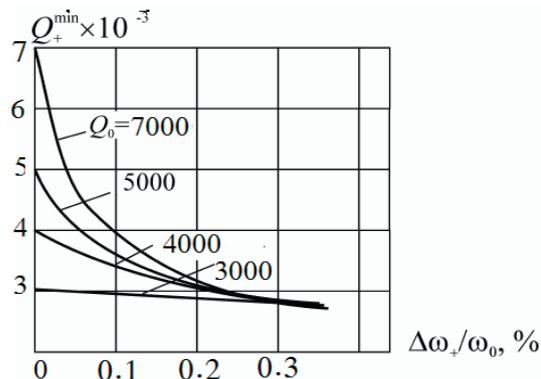


Рис. 7. Зависимость минимальной в полосе перестройки собственной добротности от нормированной полосы $\Delta\omega/\omega_0$ при $Z_2 = 360 \text{ Ом}$

3. Выводы

На основе анализа эквивалентной схемы определены общие закономерности варакторной перестройки частоты высокودобротных резонаторов. Полученные результаты применимы для расчета резонаторов различной геометрии с различными типами возбуждаемых волн.

Литература

1. Ильченко, М.Е., Диэлектрические резонаторы. [Текст] /Ильченко М.Е., Взятых В.Ф., Гасанов Л.Г. и др. - М.: Радио и связь. 1989. – 328 с.
2. Ильченко М.Е., Теория диэлектрических резонаторов. [Текст] /Ильченко М.Е., Трубин А.А. - Киев: Либідь, 1993. – 214 с.
3. Ersehart R.L. Teoreetical and experimetal analsis of a waveguide mounting structure. IEEE Trans. 1971, MTT-19, No.8, pp. 706-709.
4. Isao Haga A. Reflection type cavity controlled oscillator and a cavity controlled frequency modulator. Nec Research and Devolupment. 1975, No. 36, january, pp. 75-100.