

СТАБИЛИЗАЦИЯ ЧАСТОТЫ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА СВЧ ПРОХОДНЫМ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНЫМ РЕЗОНАТОРОМ ПРИ АНТИПАРАЗИТНОЙ НАГРУЗКЕ

Целью работы является анализ качества параметрической стабилизации частоты СВЧ-генератора с проходным резонатором и дополнительной поглощающей нагрузкой (рис. 1). Значения $G_{нт}$, G_p , B_p определяются из выражений

$$G_{нт} = G_n \beta_n / \beta_a; \quad (1)$$

$$G_p = G_n / \beta_a; \quad (2)$$

$$B_p = G_p \cdot \xi = G_p \cdot Q_0 (\omega_0 / \omega - \omega / \omega_0), \quad (3)$$

где β_n , β_a — коэффициент связи резонатора с полезной нагрузкой и активным элементом соответственно; ξ — расстройка собственной частоты резонатора ω_0 относительно рабочей частоты генератора ω ; Q_0 — собственная добротность резонатора.

Активная R_c и реактивная X_c составляющие полного сопротивления Z_c колебательной системы, приведенные к сечению $a-a'$ на заданной рабочей частоте ω , равны

$$R_c = G_c / (G_c^2 + B_c^2) = \beta_a (\beta_n + \beta_a + 1) / [(\beta_n + \beta_a + 1)^2 + \xi^2] / G_n; \quad (4)$$

$$X_c = -B_c / (G_c^2 + B_c^2) = -Q_0 \beta_a (\omega / \omega_0 - \omega_0 / \omega) / [(\beta_n + \beta_a + 1)^2 + \xi^2] / G_n. \quad (5)$$

Фиксирующая способность резонатора в сечении $a-a'$

$$\Phi = \partial X_c / \partial \omega = B_p [B_p^2 - (G_{нт} + G_p)^2] / [B_p^2 + (G_{нт} + G_p)^2]^2,$$

где $B_p = G_p Q_0 (\omega^2 + \omega_0^2) / (\omega_0 \cdot \omega^2) \approx 2Q_0 G_p / \omega_0$,

$$\Phi = 2Q_0 / (\omega_0 G_n) \beta_a [\xi^2 - (\beta_n + \beta_a + 1)^2] / [\xi^2 + (\beta_n + \beta_a + 1)^2]^2. \quad (6)$$

Максимальную мощность активный элемент генерирует при условии согласования активных сопротивлений

$$R_c = |R_d| = 1 / (D \cdot G_n); \quad (7)$$

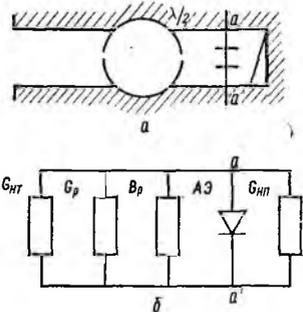


Рис. 1. Параметрическая стабилизация частот СВЧ-генератора с проходным резонатором и дополнительной поглощающей нагрузкой (а) и схема замещения (б):

$G_{нт}$ — активная проводимость поглощающей нагрузки, равная волновой проводимости линии передачи G_n ; $G_{нт}$ — активная проводимость полезной нагрузки, трансформированная в сечение $a-a'$; G_p , B_p — активная и реактивная проводимости резонатора, приведенные в сечение $a-a'$.

здесь $D = R_n / |R_d| = 1 / (G_n |R_d|)$ — отношение сопротивления полезной нагрузки к модулю активного сопротивления генераторного элемента. Из равенства (4) и (7) следует

$$\xi^2 = D \cdot \beta_a (\beta_n + \beta_a + 1) - (\beta_n + \beta_a + 1)^2.$$

Следовательно, с учетом (6) нормированная относительно $2Q_0 / (\omega_0 G_n)$ фиксирующая способность

$$\Phi_n = 1 / [(\beta_n + \beta_a + 1) \cdot D] - 2 / (D^2 \beta_a). \quad (8)$$

Исследуем зависимость (6) на максимум по ξ

$$\partial \Phi / \partial \xi = 2\xi [3(\beta_n + \beta_a + 1)^2 - \xi^2] / [(\beta_n + \beta_a + 1)^2 + \xi^2]^3.$$

Максимум фиксирующей способности системы наблюдается при $\xi_n = \pm \sqrt{3}$, где ξ_n — обобщенная расстройка нагруженного резонатора.

Проведем исследование на максимум фиксирующей способности по β_n и β_a

$$\partial \Phi_n / \partial \beta_n = -1 / [D(\beta_n + \beta_a + 1)^2];$$

экстремума по β_n нет;

$$\partial \Phi_n / \partial \beta_a = [2(\beta_a + \beta_n + 1)^2 - D\beta_a^2] / [D^2 \cdot \beta_a^2 (\beta_a + \beta_n + 1)^2];$$

точки экстремума наблюдаются при

$$\beta_{a1,2} = (2 \pm \sqrt{2D}) (\beta_n + 1) / (D - 2).$$

Так как β_a — величина конечная и положительная, то

$$\beta_{a_{\text{опт}}} = (2 + \sqrt{2D}) (\beta_n + 1) / (D - 2), \quad (9)$$

при $D > 2$.

Из анализа выражения (9) видно, что при определенном для данной схемы отношении сопротивления полезной нагрузки к модулю активного сопротивления генераторного элемента D для каждого β_n существует оптимальное значение $\beta_{a_{\text{опт}}}$, при котором фиксирующая способность схемы достигает максимума. КПД колебательной системы

$$\eta = G_{нт} / (G_{нт} + G_{нт} + G_p) = \beta_n / (\beta_n + \beta_a + 1). \quad (10)$$

Решим совместно уравнения (9) и (10) относительно β_n и $\beta_{a_{\text{опт}}}$

$$\beta_n = \eta (D + \sqrt{2D}) / [D - 2 - \eta (D + \sqrt{2D})]; \quad (11)$$

$$\beta_{a_{\text{опт}}} = (2 + \sqrt{2D}) / [D - 2 - \eta (D + \sqrt{2D})]. \quad (12)$$

Из (8) и (10) с учетом (11) и (12) получим

$$\Phi_n = [(\sqrt{D} - \sqrt{2}) / D]^2 - \eta (D - \sqrt{2D}) / D^2,$$

при $D > 2$. Графики функций $\Phi_n(D, \eta)$, $\eta(D, \beta_n)$ приведены на рис. 2.

Приведенный анализ позволяет сформулировать алгоритм синтеза генератора при оптимальном использовании стабилизирующих свойств резонатора:

1. На заданной частоте ω определить сопротивление полезной нагрузки, собственную добротность резонатора и оптимальное активное сопротивление генераторного элемента.

2. Вычислить параметр D .

3. По графикам функции $\Phi_n(D, \eta)$ определить приемлемые значения Φ и η .

4. Вычислить значения $\beta_{n, \text{опт}}$, β_n , ξ .

5. Установить необходимые значения связи резонатора с линией и активным элементом на частоте ω , а затем добиться необходимого значения абсолютной расстройки резонатора, вычисленного по известным Q_0 и ξ .

6. С помощью подстроечного реактивного элемента, включенного последовательно с генераторным диодом, установить требуемое значение частоты генерации.

При таком алгоритме настройки условия оптимальности по фиксирующей способности резонатора будут выполнены автоматически. На практике устройство монтажа активного элемента, устройство связи резонатора с линией, другие неоднородности в линии передачи могут потребовать предварительной корректировки длины линии l в ту или иную сторону в зависимости от знака вносимого реактивного сопротивления.

Поступила в редколлегию 27.09.86

УДК 621.373.5

А. М. ЗЕМЛЯК, канд. техн. наук

УПРОЩЕННАЯ НЕСТАЦИОНАРНАЯ МОДЕЛЬ ЛПД

Адекватный анализ переходных режимов в генераторах и усилителях на ЛПД требует построения нестационарной модели диода.

Рассмотрим уравнение непрерывности для одного типа носителей в полупроводнике с соответствующими начальными и граничными условиями

$$\partial n / \partial t - V \partial n / \partial x - D \cdot \partial^2 n / \partial x^2 = \alpha \cdot V \cdot n;$$

$$n(x, 0) = \Phi(x);$$

$$n(0, t) = n_s;$$

$$n(l, t) = N_d.$$

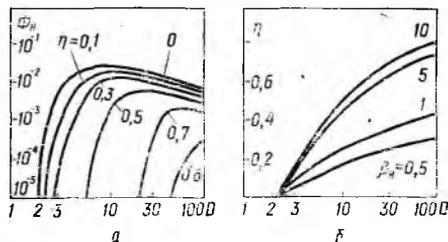


Рис. 2. Графики функций $\Phi_n(D, \eta)$ (а) и $\eta(D, \beta_n)$ (б)