

УДК 621.373.5

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХКОНТУРНЫХ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ГДГ

А.Я. БЕЛЬСКИЙ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 17 июня 2004*

Составлена эквивалентная схема генератора на диоде Ганна, стабилизированного двухконтурной СВЧ системой: первый контур – низкодобротный, в котором установлен активный элемент, а второй – более высокодобротный, стабилизирующий, связанный с первым с помощью устройства связи. Составлена система уравнений, решение которой позволяет определить такие параметры, как полоса захвата и коэффициент стабилизации частоты. Проводится анализ результатов экспериментальных исследований стабилизированных генераторов при воздействии дестабилизирующих факторов.

Ключевые слова: генераторы, частота, стабильность.

Введение

Наряду с одноконтурными генераторами, выполненными, например, на активных двухполюсниках, часто используются для повышения стабильности частоты двухконтурные, несмотря на их большую сложность. Первый контур этой системы резонаторов может иметь невысокую добротность и хорошо согласуется с активным элементом и внешней нагрузкой. Вместе с тем низкодобротный контур связывается с помощью устройств связи со вторым резонатором, который имеет значительно большую добротность и обеспечивает высокую стабильность частоты колебаний [1, 2]. В данной работе рассматривается случай, когда в качестве второго контура используется резонатор на основе отрезка дисперсионного волновода и определяются в отличие от [3, 4] основные характеристики двухконтурной системы.

Теоретический анализ

Эквивалентная схема генератора со связанными контурами представлена на рис. 1, где G_d и B_d — активная и реактивная составляющие проводимости нелинейного частотно-зависимого элемента; $G_1 = G_S + G_{ВН}$, $B_1 = B_S + B_{ВН}$, G_S и B_S — активная и реактивная частотно-зависимые составляющие проводимости первого контура при отсутствии связи между контурами, $G_{ВН}$ и $B_{ВН}$ — активная и реактивная составляющие проводимости, вносимые в первый контур при наличии связи между контурами; G_2 и B_2 — активная и реактивная составляющие проводимости стабилизирующего резонатора; \dot{U}_Z — амплитуда колебаний на первом контуре; $\dot{Y}_{СВ}$ — проводимость устройства связи.

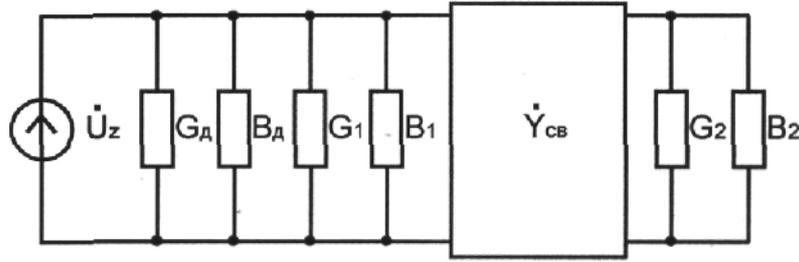


Рис.1 Эквивалентная схема генератора со связанными контурами

Навязывание частоты внешним резонатором приводит к изменению активной и реактивной составляющих проводимости первого контура, что можно отразить, записав следующую систему уравнений:

$$G_{BH} = \frac{\partial G_d}{\partial \omega} \Delta \omega + \frac{\partial G_s}{\partial \omega} \Delta \omega + \frac{\partial G_d}{\partial U} \Delta U, \quad (1)$$

$$B_{BH} = \frac{\partial B_d}{\partial \omega} \Delta \omega + \frac{\partial B_s}{\partial \omega} \Delta \omega + \frac{\partial B_d}{\partial U} \Delta U. \quad (2)$$

Решая совместно уравнения (1) и (2), получим полосу захвата, а также соответствующее ей изменение амплитуды сигнала

$$\Delta \omega = \frac{B_{BH} \partial G_d / \partial U - G_{BH} \partial B_d / \partial U}{\partial G_d / \partial U \partial B_s / \partial \omega - \partial B_d / \partial U \partial G_s / \partial \omega}, \quad (3)$$

$$\Delta U = \frac{B_{BH} \partial G_s / \partial \omega - G_{BH} \partial B_s / \partial \omega}{\partial G_d / \partial U \partial B_s / \partial \omega - \partial B_d / \partial U \partial G_s / \partial \omega}. \quad (4)$$

Если первый контур выполнен на основе отрезка стандартного волновода, а активным элементом является диод Ганна, то выполняется условие $(\partial G_d / \partial U) \partial B_s / \partial \omega \gg (\partial B_d / \partial U) \partial G_s / \partial \omega$.

Тогда уравнения (3) и (4) можно упростить:

$$\Delta \omega = \frac{B_{BH} \partial G_d / \partial U - G_{BH} \partial B_d / \partial U}{\partial G_d / \partial U \partial B_s / \partial \omega}, \quad (5)$$

$$\Delta U = \frac{B_{BH} \partial G_s / \partial \omega - G_{BH} \partial B_s / \partial \omega}{\partial G_d / \partial U \partial B_s / \partial \omega}. \quad (6)$$

Расчет значений производных, входящих в выражения (5), (6), проводился по методике, изложенной в работах [3, 4].

Для получения высокой стабильности частоты и низкого уровня шумов напряжение на диоде выбирается таким, чтобы выполнялось условие $\partial B_d / \partial U \rightarrow 0$, тогда уравнение (5) примет вид

$$\Delta \omega = \frac{B_{BH}}{(\partial B_s / \partial \omega)}. \quad (7)$$

При подключении внешнего резонатора фиксирующая способность колебательной системы определяется производной, стремящейся к величине

$$\partial B_1 / \partial \omega = \partial B_s / \partial \omega + \partial B_{BH} / \partial \omega. \quad (8)$$

Полоса пропускания контура, как известно, определяется выражением

$$\Delta \omega = \frac{\omega_0}{2Q} = \frac{G}{\partial B / \partial \omega}, \quad (9)$$

где G — проводимость потерь.

Отношение полос пропускания контуров нестабилизированного и стабилизированного генераторов приближенно определяет коэффициент стабилизации частоты:

$$K_{CTF} \approx \frac{\Delta \omega_s}{\Delta \omega_1} \approx \frac{\partial B_2 / \partial \omega G_s}{\partial B_s / \partial \omega G_2}. \quad (10)$$

Для волноводного генератора значение производной определялось выражением [3]

$$\frac{\partial B}{\partial \omega} \approx (a \cdot l / 240 \pi b c) / \sin^2 \left(\frac{\omega l}{c} \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_{\text{кр}}}{\omega} \right)^2} \right), \quad (11)$$

где a, b, l — ширина, высота и длина волновода соответственно; c — скорость света; $\omega_{\text{кр}}$ — критическая частота волновода.

Расчетные значения коэффициента стабилизации частоты в диапазоне перестройки стабилизирующего резонансного контура показаны на рис. 2.

Экспериментальные исследования

Данные экспериментальных исследований нестабилизированного, стабилизированного диэлектрическим [5] и дисперсионным [3, 4] резонаторами приведены на рис. 3. Кривая 1 соответствует генератору, стабилизированному дисперсионным резонатором ($\omega_{\text{кр}}/\omega=0,96$), кривая 2 — нестабилизированному генератору и 3 — генератору, стабилизированному диэлектрическим резонатором ($Q_0=3000$). Результаты экспериментальных исследований показали, что коэффициент стабилизации частоты составлял величину 30–50, что хорошо согласуется с результатами расчетов (рис. 2). В проведенных экспериментах и работе [5] использовались диоды Ганна одной и той же серии.

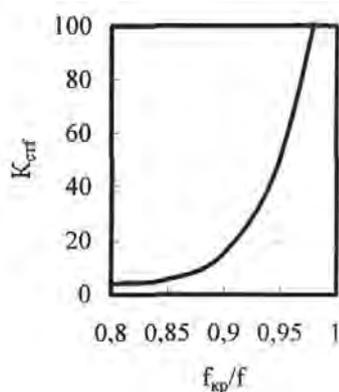


Рис. 2. Зависимость коэффициента стабилизации частоты от отношения $f_{\text{кр}}/f$

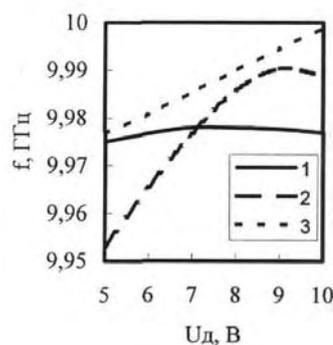


Рис. 3. Перестроечные характеристики генераторов в зависимости от напряжения смещения

Заключение

Таким образом, показана возможность использования дисперсионного резонатора в системе связанных контуров, что обеспечивает высокую стабильность частоты и низкий уровень (фазовых) частотных шумов. Вместе с тем двухконтурный генератор хорошо согласуется с помощью промежуточного контура с нагрузкой.

DOUBLE NETWORK STABILIZED GUNN OSCILLATOR CHARACTERISTICS

A.Ya. BELSKY

Abstract

There is composed the equivalent Gunn oscillator scheme, which is stabilized by the double network microwave system: the first network is low-Q, in which the active element is established, and the second — high-Qer, stabilizing connected with the first by the intercouples. There is the set of equations composed, which solution allows determining such most important parameters, as the lock band and frequency stabilization actor. The experimental research outcomes of the stabilized generators for wants of effect of destabilized factors are resulted.

Литература

1. Бычков С.И., Буренин Н.И., Сафаров Р.Т. Стабилизация частоты генераторов СВЧ. М., 1962.
2. Корнилов С.А., Савишинский В.А., Уман С.Д. Шумы клистронных генераторов малой мощности. М., 1972.
3. Муравьев В.В., Савельев В.Я., Бельский А.Я. // Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника. 1974. Т. 17, № 8. С. 88–90.
4. Бельский А.Я. // Радиотехника и электроника. Мн., 1994. Вып. 22. С. 56–60.
5. Струнджев И., Ламбров Н. // Радио, телевизия, електроника (Пер. с болг.). 1990. № 2. С. 9–11.