

И.В. Синицин (6 курс, каф. РТиТК), А.В. Мещеряков, к.т.н., доц.

ШУМОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОГЕНЕРАТОРОВ НА ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРАХ С БАРЬЕРОМ ШОТТКИ

Повышение чувствительности и точности когерентных радиосистем, предъявляют новые требования к флуктуационным характеристикам генераторов, используемых в качестве гетеродинов или задающих генераторов. Флуктуации амплитуды и частоты определяются шумовыми свойствами активных приборов. Самыми распространенными приборами, используемыми в генераторах СВЧ диапазона, являются полевые транзисторы с барьером Шоттки (ПТШ). Широкое применение ПТШ связано с их большой высокочастотностью (до 60ГГц), высоким КПД, возможностью работы в широком диапазоне температур, дешевизне.

К настоящему моменту разработано несколько шумовых моделей автогенераторов. Все они имеют ряд существенных недостатков, поскольку не учитывают все источники шума в ПТШ (флуктуации концентрации электронов в канале dN , флуктуации концентрации электронов в домене dN_d , флуктуации концентрации ионизированной примеси в обедненной подзатворной области dN_p), либо пренебрегают нелинейностями в транзисторе (емкости затвор-сток и затвор-исток). В результате чего расчеты на основе имеющихся моделей дают расхождения в сравнении с экспериментальными данными. Таким образом, целью данной работы является разработка шумовой модели автогенератора на основании нелинейной модели ПТШ, в качестве источников шума рассматриваются dN , dN_d , dN_p . Кроме того, необходимо проведение экспериментальных исследований флуктуаций автогенератора на ПТШ.

В качестве объекта исследования используется автогенератор с ПТШ фирмы "Hewlett-Packard" ATF13867. Экспериментальная установка создана в соответствии с двухканальным методом измерения флуктуаций.

В результате проделанной работы получен ряд основных экспериментальных кривых: спектры флуктуаций частоты S_f , спектры флуктуаций амплитуды S_a при различных значениях напряжения на стоке транзистора (U_c) и на затворе (U_3). Кроме того, получены результаты для спектра относительных флуктуаций тока стока ПТШ. Для теоретического объяснения экспериментальных данных использована модель автогенератора [2], схема которого приведена на рис.1.

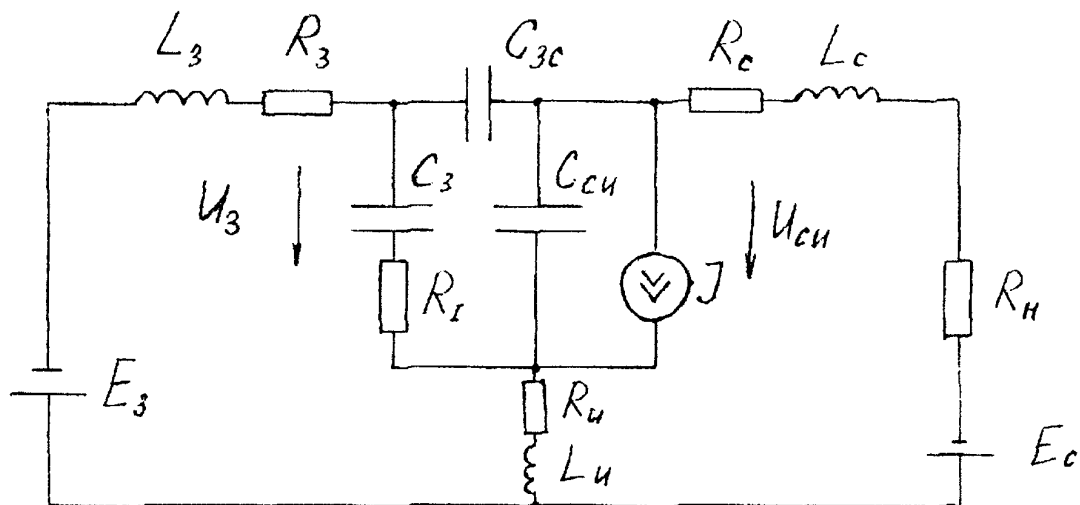


рис. 1

Разработана методика проектирования автогенераторов на ПТШ, основанная на анализе входного сопротивления генераторной цепи $R(f)$ [1...3]. Малосигнальные компоненты матрицы проводимости кристалла транзистора описываются выражениями:

$$\begin{aligned} y_{11} &= j\omega C_{3c} + (R_i + 1/j\omega C_3)^{-1} \\ y_{12} &= -j\omega C_{3c} \\ y_{21} &= j\omega C_{3c} - g_m e^{-j\omega t} / (1 + j\omega C_3 R_i) \\ y_{22} &= -g_d - j\omega (C_{3c} + C_{си}), \end{aligned}$$

где t - сдвиг во времени между током и напряжением. Входное сопротивление генераторной цепи со стороны нагрузки $Z(f)$ определяется через компоненты матрицы проводимости и полные сопротивления в цепях истока, стока и затвора:

$$Z(f) = Z_c - \frac{y_{11}}{|y|} + Z_u - \frac{(Z_u + \frac{y_{12}}{|y|})(Z_u - \frac{y_{12}}{|y|})}{Z_3 + Z_u + \frac{y_{22}}{|y|}}, \quad (1)$$

где $|y| = y_{11}y_{22} - y_{12}y_{21}$.

Уравнение стационарного режима автогенератора:

$$\begin{aligned} \operatorname{Re}Z(f, A, \vec{Y}) + \operatorname{Re}Z_H(f) &= 0 & \operatorname{Re}Z &= R_T \\ X(f, A, \vec{Y}) + X_H(f) &= 0 & \operatorname{Im}Z &= X_T \end{aligned}$$

где \vec{Y} - вектор параметров, от которых зависят сопротивления. В нашем случае это $\vec{Y}(C_{3c}, C_3, C_{си}, g_d, g_m, R_i, dN, dN_d, dN_p)$. Флуктуации этих параметров вызывают флуктуации сопротивлений Z и Z_H , т. е. модулируют их. Учитывая, что источники шума значительно меньше своих средних значений, получаем уравнения, связывающие флуктуации амплитуды и частоты с флуктуациями параметров:

$$\frac{\partial R_T}{\partial A} \delta A + \frac{\partial R_T}{\partial f} \delta f + \sum_{n=1}^N \frac{\partial R_T}{\partial Y_n} \delta Y_n + \frac{\partial X_H}{\partial f} \delta f = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial X_T}{\partial A} \delta A + \frac{\partial X_T}{\partial f} \delta f + \sum_{n=1}^N \frac{\partial X_T}{\partial Y_n} \delta Y_n + \frac{\partial X_H}{\partial f} \delta f = 0$$

Учитывая (1) и (2) можно записать:

$$\frac{\delta f}{f} = F(\vec{Y}, A) \frac{\delta N}{N}, \quad \frac{\delta f}{f} = G(\vec{Y}, A) \frac{\delta N_d}{N_d}, \quad \frac{\delta f}{f} = H(\vec{Y}, A) \frac{\delta N_p}{N_p}, \quad (3)$$

Аналогично можно получить выражения для относительных флуктуаций амплитуды автогенератора.

Таким образом, на основе приведенных выше формул (3) можно сделать вывод о том, как те или иные источники шума в транзисторе влияют на флуктуации частоты и амплитуды автогенератора.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Балыко А.К., Ковтунов Д.А., Тагер А.С. Проектирование автогенераторов на полевых транзисторах. 1992, с. 35-43.
2. Низкочастотные шумы в полупроводниковых приборах и устройствах // Горьковский университет, 1989, ВИНТИ, 14.11.90 №5713-В90.
3. Никитин Ю.И., Точков В.Н. Шумовые характеристики СВЧ транзисторных генераторов с внутренней и внешней обратной связью // Радиотехника и электроника, 1990, Т.35, №9, С. 1936-1944.