

УДК 621.38

Е.В. Балашов (5 курс, каф. РТТК), Д.В. Морозов, к.т.н., доц.

ОЦЕНКА ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК G_m -С ФИЛЬТРОВ

ABSTRACT: A method of noise analysis G_m -C filters is proposed. Expressions of the exact calculation of the output noise spectral density are derived. The continuants operator has been used for the generalization of the results. Simple for the rms noise estimation are presented.

Оценка шумовых свойств микроселектронных аналоговых фильтров необходима на этапе разработки для определения динамического диапазона проектируемого устройства. Оценку шумов данных цепей можно произвести с помощью моделирования на персональном компьютере либо с использованием аналитических методов. Моделирование шумовых характеристик устройств средствами специализированных программ представляет достаточно сложную задачу и не выявляет общих закономерностей. Использование аналитических методов позволяет определить шумовые особенности схемы и представить результат с максимальной степенью наглядности [1].

Одним из наиболее перспективных типов высокочастотных микроселектронных аналоговых фильтров являются G_m -С фильтры. При синтезе данных частотно избирательных устройств индуктивные элементы фильтров прототипов реализуются с помощью транскондуктивных усилителей (ТУ) и конденсаторов. Главным параметром ТУ является передаточная проводимость G_m , что и отражено в названии G_m -С фильтров [1]. Шумовые характеристики G_m -С фильтров определяются фликерными и тепловыми шумами. Аналитический метод оценки величины спектральной плотности теплового шума G_m -С фильтров представлен в статье [2]. Однако, как показали экспериментальные результаты, влияние фликерного шума G_m -С фильтра на величину суммарной спектральной плотности шума оказывается значительным [3].

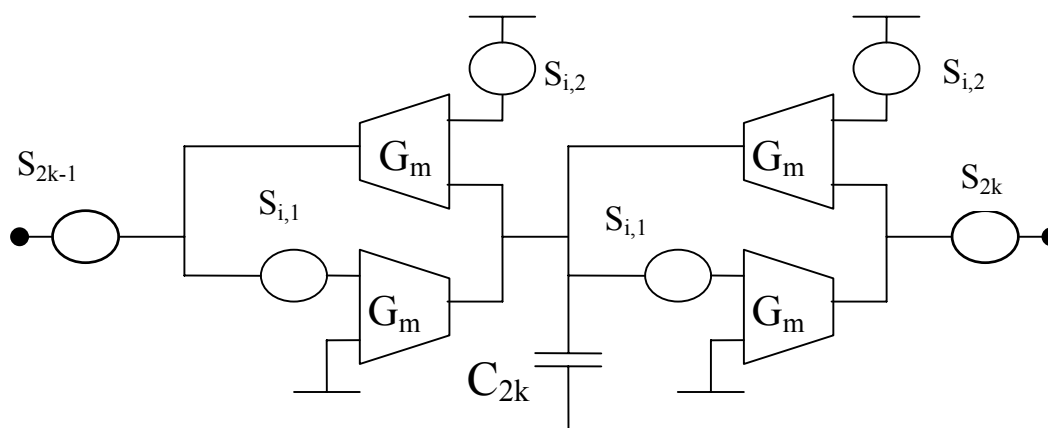


Рис.1. Эквивалентная шумовая модель имитатора индуктивности

В настоящей работе предложен метод оценки величины спектральной плотности шума G_m -С фильтра с учётом как тепловой, так и фликерной составляющих. Идея заключается в представлении ТУ эквивалентной шумовой моделью и оценке вклада полученных шумовых источников в спектральную плотность шума G_m -С фильтра.

При этом эквивалентная шумовая модель имитатора индуктивности представляется в виде, показанном на рис. 1. Спектральные плотности шумовых источников определяются как:

$$S_i = \frac{4kT\gamma}{R} + \frac{c}{f};$$

$$S_{2k-1}(\omega) = S_{2k-1,1} + \left| \frac{G_m}{j\omega C_{2k}} \right|^2 S_{(2k-1),2} + \frac{1}{S_{2k,2}};$$

$$S_{2k}(\omega) = S_{2k,2} + \left| \frac{G_m}{j\omega C_{2k}} \right|^2 S_{2k,1} + S_{(2k-1),1},$$

где: S_i – спектральная плотность шума, учитывающая тепловую и фликерную составляющие; γ – положительный коэффициент, зависящий от тепловых шумов ТУ, $R=1/G_m$ – эквивалентное сопротивление ТУ; c – спектральная плотность фликерного шума на единичной частоте; S_{2k} и S_{2k-1} спектральные плотности шума, приведённые к входу и к выходу имитатора индуктивности. Для проведения анализа используются специальные операторы – континуанты [1].

Был рассмотрен балансный G_m -С фильтр Бесселя 5-ого порядка представленный в работе [3]. Среднеквадратичное шумовое напряжение, приведённое к выходу фильтра,

$$\overline{U^2} = \int_0^{\infty} S_{out}(\omega) d\omega \approx \int_{\omega_1}^{\omega_2} S_{out}(\omega) d\omega$$

построенное на ПК в полосе (ω_1, ω_2) от 1кГц до 10МГц составляет $\sqrt{\overline{U^2}} = 48.35 \text{ мкВ}$. Аналитически полученная оценка среднеквадратичного шумового напряжения составила $\sqrt{\overline{U^2}} = 41.5 \text{ мкВ}$. Погрешность составила 15%, что подтверждает эффективность предложенной методики.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Коротков А.С Микроэлектронные аналоговые фильтры на преобразователях импеданса. – СПб.: Наука, 1999. – 416 с.
2. A.S. Korotkov, R. Unbehauen calculation and Estimation of Noise in All-pole G_m -C filters. / Int. J. Electron. Commun. (AEU), vol.53, 1999, No. 3, pp.151 – 154
3. A.S. Korotkov, D.V. Morozov, H. Hauer, R. Unbehauen A 2.5-V, 0.35 μm CMOS transconductance-capacitor filter with enhanced linearity./ Proc. Midwest Symposium on Circuits and Systems, Tulsa, USA, Aug. 2002