

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ УМНОЖИТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ СВЧ ДИАПАЗОНА

Бабашев Э.И., группа ТКС-00а

Руководитель: д.т.н. Воронцов А.Г.

Актуальность проблемы

По мере возникновения и развития новых коммуникационных технологий проблема со стабильностью несущей частоты приемо-передающих устройств становится всё более актуальна. Так как частоты передающих устройств доходят уже до нескольких сотен гигагерц, то и обеспечение связи на такой частоте предполагает постановку более жестких требований к характеристикам сигнала несущей, которые непосредственно зависят от характеристик схемы генератора, ее формирующего.

Цель: обоснование требований к проектированию генератора несущих колебаний.

Краткая характеристика объекта исследований

В генераторах несущей (ГН) для УКВ диапазона кварцевый резонатор обычно работает на частоте около 100 МГц (5 или 7 гармоника), которая потом увеличивается за счет ее умножения до требуемой. Известно [3], что каждая стадия умножения прибавляет шум в 6 дБ к сигналу с каждым удвоением частоты. Кроме того, уровень сигнала уменьшается сильнее с увеличением порядка умножения. Поэтому к выбору цепочки умножения (рис.1) предъявляются строгие требования. Такие требования можно обосновать вычислительным экспериментом с использованием пакета System View 2.1. За основу выбран генератор, показанный на рисунке 1.

Реализация модели в терминах моделирующего пакета приведена на рисунке 2.

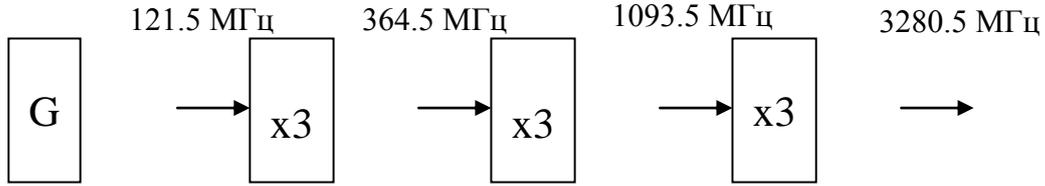


Рисунок 1 - Пример цепочки умножения на 3280.5МГц

Методика эксперимента: с помощью модели передатчика для СВЧ диапазона исследовать влияние собственных шумов схемы на спектр сигнала, в частности, на соотношение $P_c/P_{ш}$ на выходе устройства. Исследовать влияние шума для каждого каскада в отдельности. Найти оптимальные значения коэффициентов усиления K_u усилителей и добротности Q фильтров каждого каскада умножения, при которых будет обеспечиваться лучшее соотношение $P_c/P_{ш}$. Определить, какой из каскадов вносит наибольшие помехи.

Порядок выполнения: увеличивая K_u каждого каскада в диапазоне от 10 до 100, необходимо определить наилучшее соотношение $P_c/P_{ш}$, при этом подавая шум ($СКО=0,005..0,05V$) сначала на все, потом на 2 последних и, в конце концов, на последний каскад.

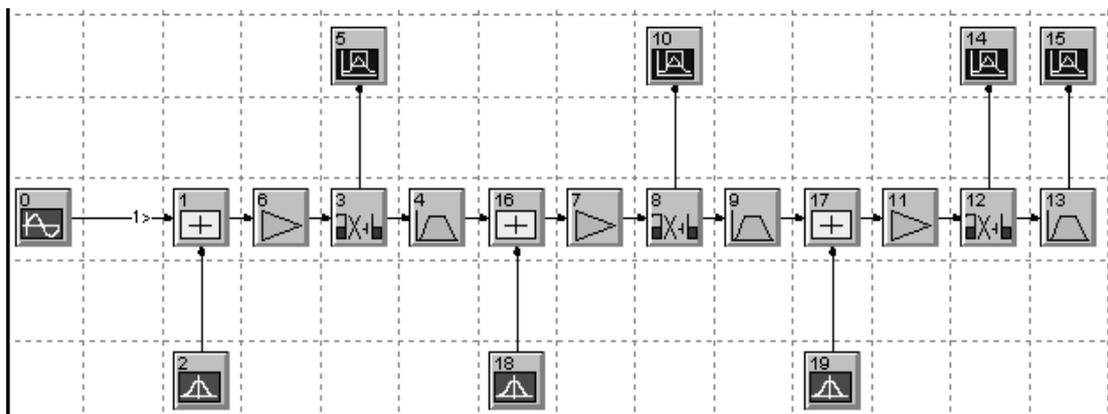


Рисунок 2 - Схема эксперимента

Состав схемы эксперимента (рис. 2): сигнал с генератора (блок 0) синусоидального колебания на кварцевом резонаторе, настроенном на частоту 121.5 МГц, подается на 1 каскад утроения частоты (блоки 1,2,6,3,4):

а) шум, вносимый 1-м каскадом (блок 2);

б) усилитель сигнала; $K_u=10..100$ (блок 6);

в) ограничитель сигнала. Форма его статической характеристики зависит от нелинейных свойств элементов схемы (рис.3). Для выделения других гармоник форму характеристики ограничителя можно менять, изменяя коэффициенты при x в блоках 3, 8, 12;

г) полосовой фильтр, который выделяет 3-ю гармонику (364,5 МГц).

$$Y(x)=9.991*10^{-5}*x^{-5}-0.02*x^3+2.05*x \quad (1)$$

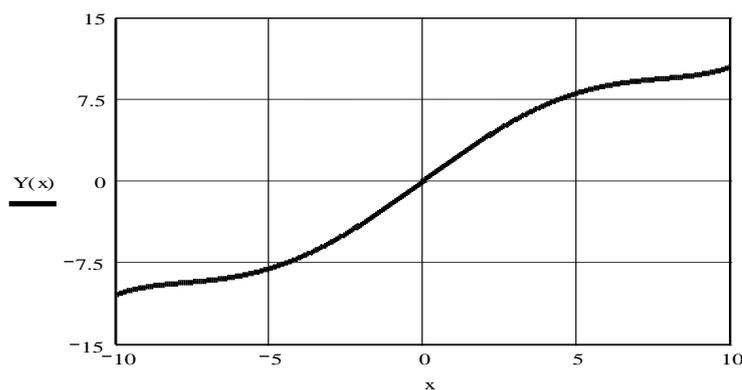


Рисунок 3 - Статическая характеристика нелинейных элементов

Затем на 2 каскад утроения частоты (блоки 18, 16, 7, 8, 9):

а) шум, вносимый 2-м каскадом (блок 18);

б) усилитель сигнала (блок 7);

в) ограничитель сигнала (блок 8);

г) полосовой фильтр, который выделяет 9-ю гармонику (1093,5 МГц) (блок 9).

Затем на 3 каскад утроения частоты (блоки 19, 17, 11, 12, 13):

а) шум, внесенный 3-м каскадом (блок 19);

б) усилитель сигнала (блок 11);

- в) ограничитель сигнала (блок 12);
- г) полосовой фильтр, который выделяет 27-ю гармонику (3280,5 МГц) (блок 13).

Выводы по эксперименту. Шум на 1, 2 и 3 каскаде.

Характер зависимости (рис.4) $P_c/P_{ш}(K_y)$ нелинейный и имеет большое число максимумов и минимумов. Глобальный минимум наблюдается при $K_y=14$, $P_c/P_{ш}=11$ дБ. Максимумов можно выделить несколько: первый наблюдается при $K_y=11$, а второй – при $K_y=25$. Зависимость $P_c/P_{ш}(K_y)$ позволяет выбрать экстремальные значения среди максимумов.

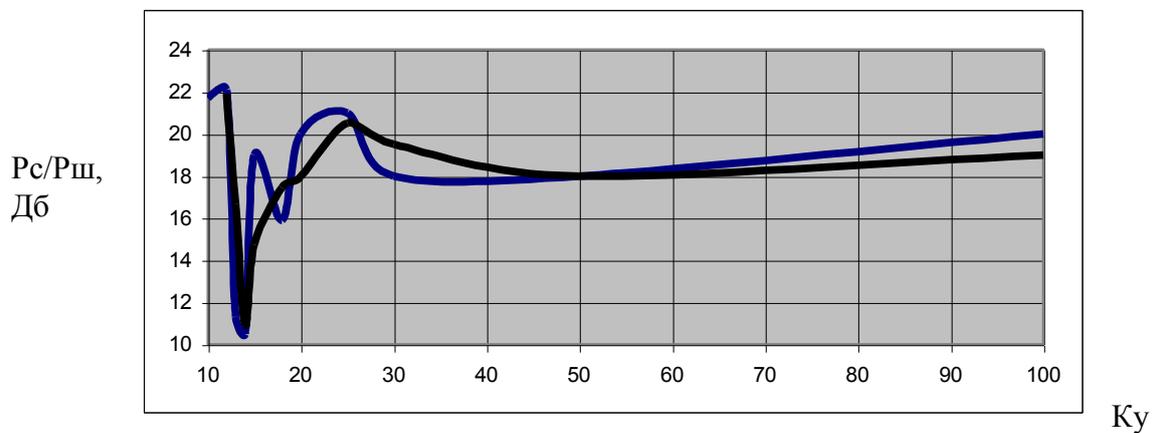


Рисунок 4 - Зависимость $P_c/P_{ш}(K_y)$

Шум на 2 и 3 каскаде.

Характер зависимости $P_c/P_{ш}(K_y)$ (рис.5) также нелинейный, и является постоянным в диапазоне значений $K_y=20..100$ (здесь $P_c/P_{ш}>48$ дБ). Минимум виден при $K_y=13$.

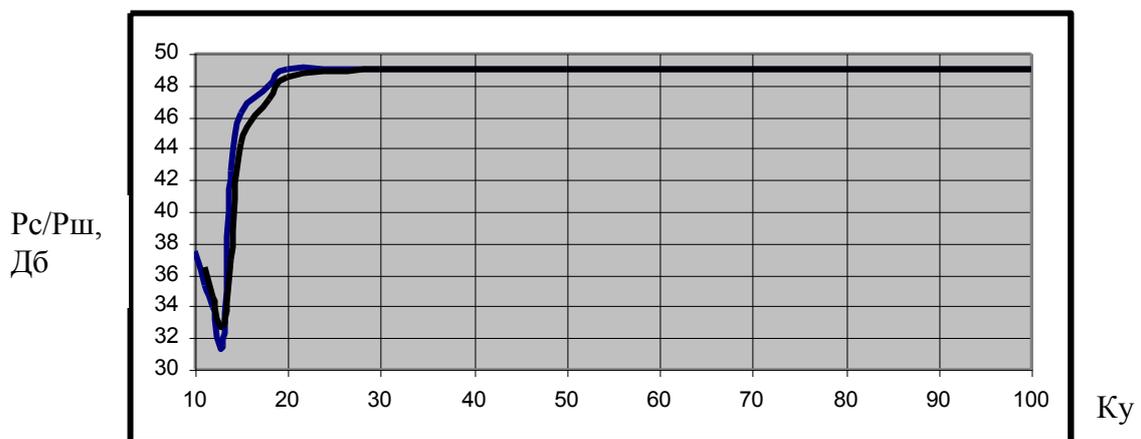


Рисунок 5 - Зависимость $P_c/P_{ш}(K_y)$

Шум на 3-м каскаде.

Характер зависимости (рис. 6) $P_c/P_{ш}(K_u)$ подобен предыдущему исследованию. Минимум виден при $K_u=13$, а максимум лежит в диапазоне $K_u=15..100$.

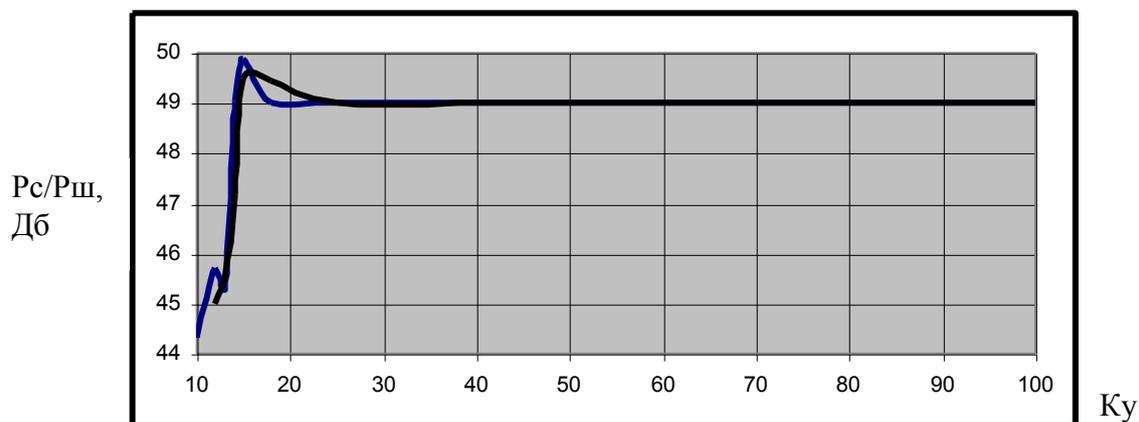


Рисунок 6 - Зависимость $P_c/P_{ш}(K_u)$

Видя результаты, можно сказать, что максимальное соотношение $P_c/P_{ш}$ обеспечивается при $K_u=20..100$ на каждом из каскадов умножения. Также из зависимостей видно, что шум на первом каскаде влияет в наибольшей мере на спектр сигнала. Отсюда вытекает, что при создании схемы первого каскада умножения, следует поставить строгие требования к выбору элементной базы, к собственным шумам элементов (например, транзисторов) и их режимам. Постоянный уровень $P_c/P_{ш}$ в широком диапазоне K_u для предварительных каскадов позволяет улучшить условия достижения больших значений соотношений $P_c/P_{ш}$ для последующих за счет выбора большего уровня сигнала на их входе путем увеличения K_u предыдущих каскадов.

Перечень ссылок

1. И.Г. Бакланов „Методы измерений в системах связи”, М., ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999.
2. Ю.В. Виноградов „Электронные приборы”, М., „Связь”, 1977.
3. International Microwave Handbook, edited by Andy Barter, 2003.