

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБРОТНОСТИ ФИЛЬТРОВ КАСКАДОВ УМНОЖИТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ СВЧ ДИАПАЗОНА НА СООТНОШЕНИЕ СИГНАЛ/ШУМ

Бабашев Э.И., группа ТКС-00а
Руководитель: д.т.н. Воронцов А.Г.

Актуальность проблемы.

Экспериментальные подтверждения использования кварцевых генераторов с последующим умножением (рис.1) для достижения конечной частоты и обоснование выбора структуры и элементной базы для создания высокостабильного генератора несущего колебания.

Краткая характеристика объекта исследования: передатчик для СВЧ диапазона, который состоит из генератора несущего колебания на кварцевом резонаторе и последовательной цепочки каскадов умножения (утроения) частоты и с помощью модели исследовать влияние добротности ($Q=f/\Delta f$) фильтров на спектр сигнала, в частности, на соотношение $P_c/P_{ш}$ на выходе устройства.

Цель: найти оптимальное значение Q , при котором будет обеспечиваться лучшее соотношение $P_c/P_{ш}$. Определить, фильтру какого каскада следует уделить наибольшее внимание при проектировании передатчиков для СВЧ радиоволн.

Порядок выполнения: исследование влияния шума проводится для каждого каскада в отдельности на основе вычислительной модели (рис.1). Увеличивая Q фильтров каждого каскада в диапазоне от 10 до 100, определить наилучшее соотношение $P_c/P_{ш}$, при этом изменяя добротность каждого фильтра в отдельности.

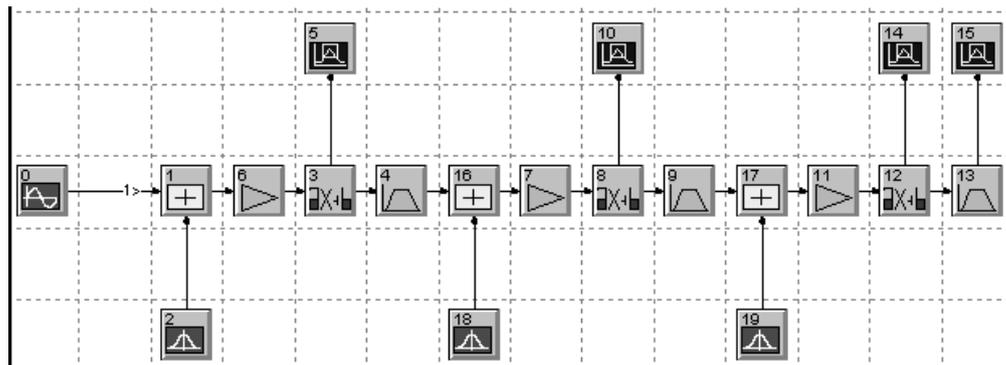


Рисунок 1 - Схема експеримента

Состав схемы эксперимента (рис. 1):

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 (рис. 2). Форма его статической характеристики (1) зависит от нелинейных свойств элементов схемы. 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).

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

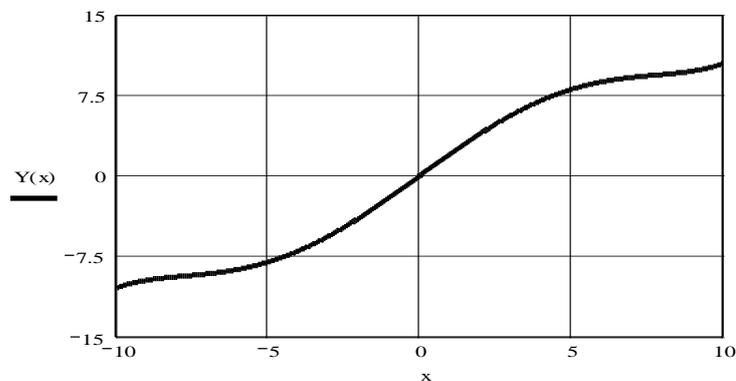


Рисунок 2 - Форма статической характеристики нелинейного элемента

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. Увеличение добротности 1-ого фильтра (блок 4):

Характер зависимости (рис. 3) $P_c/P_{ш}(Q)$ почти линейный и соотношение $P_c/P_{ш}$ ухудшается по мере увеличения добротности. Такой характер зависимости вызван уменьшением доли высших гармоник во входном сигнале следующего каскада. По графику видно, что добротность 1-го фильтра надо брать в диапазоне $Q=10-25$.

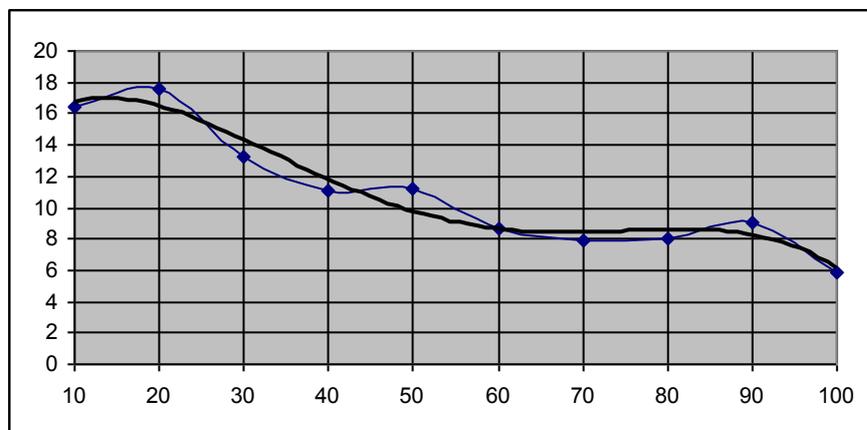
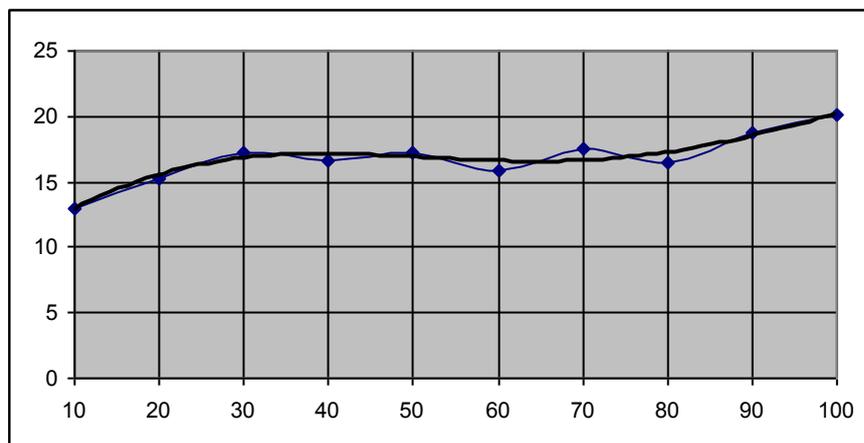


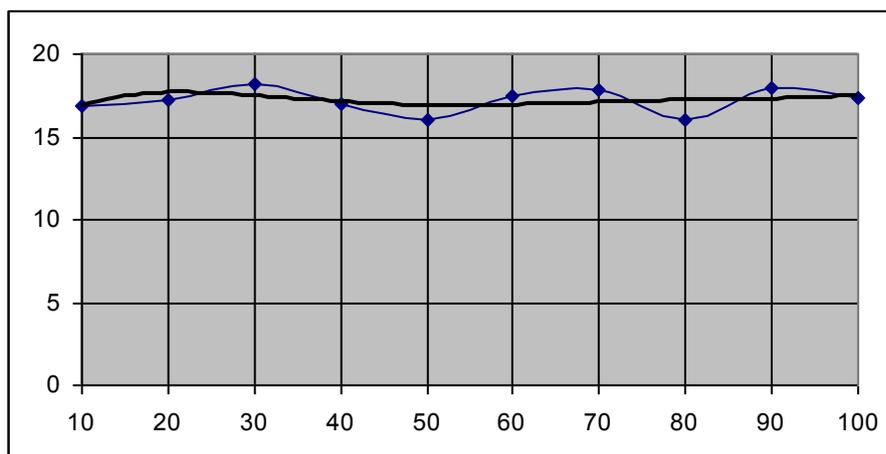
Рисунок 3 - Зависимость $P_c/P_{ш}(Q)$

Увеличение добротности 2-ого фильтра (блок 9).

Характер зависимости (рис. 4) $P_c/P_{ш}(Q)$ почти линейный и соотношение $P_c/P_{ш}$ немного возрастает по мере увеличения добротности.

Рисунок 4 - Зависимость $P_c/P_{ш}(Q)$ **Увеличение добротности 3-ого фильтра (блок 13).**

Характер зависимости (рис. 5) $P_c/P_{ш}(Q)$ линейный и соотношения $P_c/P_{ш}$ остается неизменным по мере увеличения добротности.

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

По результатам, можно сказать, что изменения добротности влияют только на соотношение $P_c/P_{ш}$ после фильтра 1-го каскада умножения. Отсюда

вытекает, что при создании схемы первого каскада умножения, следует поставить строгие требования к выбору добротности фильтра.

Анализ результатов

На основании проведенных исследований можно определить такие рекомендации относительно проектирования умножителей частоты: уделить наибольшее внимание минимизации шумов на первом каскаде умножения – подобрать малозумящую элементную базу; для схем умножения надо выбирать такой коэффициент усиления, при котором соотношения сигнал/шум максимально; добротность фильтра после первого каскада умножения надо выбирать такую, которая обеспечивает оптимальное соотношение сигнал/шум; по результатам исследований видно, что для 1 каскада умножения Q должно быть от 18 до 20; для остальных же каскадов умножения увеличение либо уменьшение добротности фильтров особых изменений в соотношении $P_c/P_{ш}$ не вносит (рекомендуется выбирать $Q > 20$).

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.
4. The ARRL UHF/ Microwave Experimenter’s Manual, 2002.