

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИНТЕЗАТОРОВ ЧАСТОТ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Петренко В. П., Кобак Н. Н., Слесаренко С. С.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
г. Киев, Украина

тел.: (097)2144011, e-mail: slavapp@ukr.net

Аннотация — Основной проблемой разработки и проектирования синтезаторов частот является неизбежное увеличение выходного уровня фазовых шумов при расширении диапазона перестройки. Существующие решения этой проблемы включают в себя повышение качества (добротности) генератора управляемого напряжением, опорного генератора, уточнённый расчёт фильтра петли фазовой автоподстройки частоты, использование параллельного включения нескольких генераторов управляемых напряжением. Целью данной работы является расширение частотного диапазона синтезаторов на основе фазовой автоподстройки частоты, что позволит перейти на более целесообразный последовательный принцип действия радиочастотных устройств связи, диагностики и контроля.

I. Введение

Входящий в состав любого синтезатора частот, генератор управляемый напряжением (ГУН), является элементом, определяющим важнейшие характеристики синтезатора. К нему предъявляются требования работы во всём диапазоне синтезируемых частот при малом уровне шума и побочных компонентах. Задача построения такого генератора, особенно на частотах выше 100 МГц, остаётся довольно сложной, даже при использовании современных специализированных микросхем ГУН, предназначенных для этих целей. К тому же, такие генераторы, как правило, требуют тщательной и точной настройки.

Источником трудностей при разработке синтезаторов являются противоречивые требования к значению опорной частоты, на которой работает фазовый детектор. Уменьшение этой частоты приводит к уменьшению дискретности установки выходной частоты, и в то же время, увеличивает время, необходимое для её перестройки.

II. Результаты моделирования

При проектировании синтезаторов частот необходимо обеспечивать основные технические требования:

Диапазон генерируемых частот $f_{\max} - f_{\min}$. Шаг сетки частот Δf . Мощность генерируемых колебаний P_f . Относительную нестабильность генерируемой частоты $\Delta f / f$. Относительный уровень шума выходных колебаний в зависимости от частоты шумовых флуктуаций $F_{ш}$: $\alpha(F_{ш}) = 10 \lg \frac{P_{ш}(F_{ш})}{P_f} [\text{дБ/Гц}]$, где $P_{ш}(F_{ш})$ — мощность шума в полосе 1 Гц при отстройке на частоту $F_{ш}$ относительно генерируемой. Относительную мощность побочных колебаний $\gamma = 10 \lg \frac{P_{поб}}{P_f} [\text{дБ}]$. Время перестройки τ .

Элемент 0 является импульсным источником. Служит для моделирования генератора опорного сигнала. Имеет амплитуду 1 В, частоту 10 МГц и ширину импульса 50 нс.

Элемент 11 - делитель опорного сигнала. Имеет коэффициент деления 20, не изменяющийся в процессе моделирования (частота на выходе 500 кГц), уровни +1 и -1 В.

Элемент 1 – частотно-фазовый детектор, собранный на базе элементов XOR. Схема детектора, используемого в модели.

Поскольку детектор собран на основе логических элементов, его можно охарактеризовать таблицей истинности.

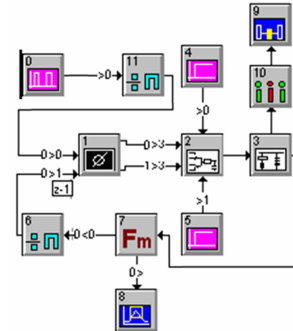


Рис. 1. Структурная схема модели синтезатора.

Fig. 1. Flow diagram of model of synthesizer

Элемент 2 представляет собой так называемый генератор подкачки, который в реальной схеме является одной из составных частей частотно-фазового детектора (рис 2).

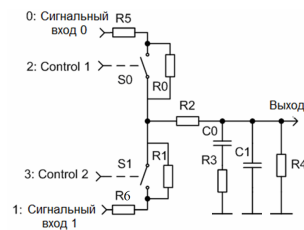


Рис. 2. Принципиальная схема генератора подкачки.

Fig. 2. Of principle chart of pumping generator

Элемент 3: RC-фильтр нижних частот. Служит для дополнительной фильтрации сигнала, поступающего с генератора подкачки имеет принципиальную схему, показанную на рис. 3.

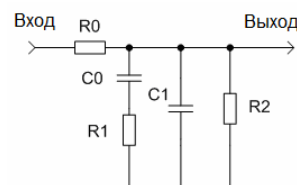


Рис. 3. Принципиальная схема RC-фильтра НЧ.

Fig. 3. Of principle chart of rc-filter of lower frequencies

Рассчитанные параметры элементов генератора подкачки и ФНЧ		
$4 \cdot 10^3$		Коэффициент деления $N = (R_{Fopt}/R_{ref})$
$888,54 \cdot 10^{-12}$	Ф	Ёмкость, включенная на землю С1 (генератор подкачки (ГП))
$6,13 \cdot 10^{-9}$	Ф	Ёмкость, включенная последовательно с резистором С2 (ГП)
$4,25 \cdot 10^3$	Ф	Резистор, включенный последовательно с ёмкостью R2 (ГП)
$43,41 \cdot 10^{-12}$	Ф	Ёмкость, включенная на землю(С3).

III. Моделирование в Elanix SystemView

Существует множество программных средств моделирования, среди которых можно выделить пакеты Mathsoft Simulink и Elanix SystemView. Оба пакета предоставляют возможность наглядного построения модели на основе базовых блоков (генераторы, фильтры и т.п.). Однако, в общем случае, эти элементы являются идеальными, что не позволяет точно отразить особенности того или иного устройства. Кроме того, использование численных методов расчёта, а также ограниченность временной реализации моделируемых процессов приводит к появлению неточностей [3].

Основной проблемой при анализе выходного сигнала синтезатора является так называемая утечка спектра, возникающая из-за того, что при ДПФ предполагается, что последовательность отсчётов анализируемого сигнала является периодически продолженной вперёд и назад во времени. Кроме того, резкие изменения частоты сигнала вследствие переходного процесса при переключении ГУН, имеющие место в начале временного отрезка, оказывают существенное влияние на спектр сигнала на выходе.

Стандартным методом борьбы с явлением утечки является использование весовых функций, также называемых взвешивающими окнами. Смысл их использования состоит в том, что перед расчётом ДПФ сигнал умножается на весовую функцию, которая имеет спад по краям сегмента.

Для дальнейшего сглаживания полученного спектра можно использовать функцию скользящего усреднения, которая уменьшает влияние аperiodических компонент.

Другим способом избежать попадания в спектр сигнала нежелательных компонент является использование для исследования не всей реализации полученного сигнала, а лишь той его части во временной области, которая будет поступать (коммутироваться) на выход предполагаемого реального устройства. Таким образом, снижается влияние переходного процесса.

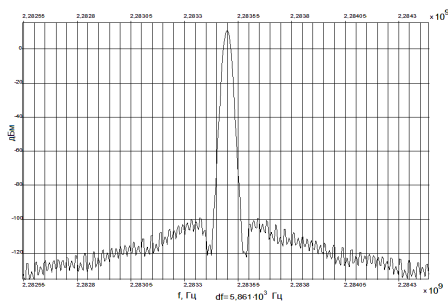


Рис. 4. Спектр выходного сигнала после введения интеграторов в цепь управления.

Fig. 4. Spectrum of output signal after introduction of integrators to the chain of management

IV. Заключение

Изучив основные характеристики синтезаторов, можно прийти к выводу, что такой тип синтезатора в значительной степени соответствует требованиям, ранее поставленным к генераторам ЛЧМ сигналов. Современные системы на основе ИМС имеют возможность программного управления. То есть, задавая с помощью устройства управления параметры синтезатора, и изменяя их по определённому закону, на выходе можно получить сигнал с аналогичным законом изменения частоты.

Разработка контурного фильтра является одним из важнейших этапов проектирования, поскольку

именно он определяет соотношение между быстродействием системы и уровнем фазовых шумов на выходе.

Для получения корректных результатов при компьютерном моделировании синтезатора, необходимо выполнить ряд условий, в числе которых: исключение влияния аperiodических составляющих на спектр выходного сигнала путём применения взвешивающих окон, использование оптимального отрезка временной реализации сигнала, а также усреднение полученных результатов. Однако, при использовании описанных методов исследования следует также принимать во внимание особенности конкретной модели, такие как длительность переходного процесса и полоса пропускания фильтра ФАПЧ.

V. Список литературы

- [1] Романюк А. А. Синтезаторы частот на основе автогенераторов с ФАПЧ [Текст]: Учебное пособие / М.: МИЭТ, 2005 г. – 100 с.
- [2] Н. Н. Кобак, С. С. Слесаренко. Микроволновые компоненты многофункциональных информационных систем // Электроника и связь. Киев, 2008, № 1, С. 261-263
- [3] *Microwave Projects 2* [Text] / RSGB 2005. -Paperback.— 240 by 175 mm.—216 pages.
- [4] О. Стариков. Базовая схема, конструктивные блоки и шумовые характеристики ФАПЧ синтезаторов частоты [Электронный ресурс]: ChipNews №7/2001г.
- [5] М. П. Грицьук, Н. Н. Кобак, А. О. Любченко, В. П. Петренко, С. С. Слесаренко. Моделирование широкополосного синтезатора частот // Электроника и связь. – 2010. – № 2. – С. 90–96.

FEATURES OF DESIGN FREQUENCY SYNTHESIZER FOR INFORMATION SYSTEMS

Petrenko V. P., Kobak N. N., Slesarenko S. S.
NTUU «KPI», Kiev, Ukraine
Ph.: (097)2144011, e-mail: slavapp@ukr.net

Abstract — The cardinal problem of designing and constructing frequency synthesizers is the inevitable rise in output noise when extending the frequency range. The aim of the research is to extend the PLL synthesizers frequency range that will be able to employ the sequential mode of functioning for radio communications, diagnostics and control systems.

I. Introduction

The voltage-controlled generator (VCD) which is an integral part of any synthesizer is an element, determining the major characteristics of the synthesizer. It should comply with all operational requirements for the entire range.

The source of difficulties over the development of synthesizers are contradictory requirements for the value of reference frequency at which a phase detector is operated. Decreasing frequency results in lowering the discreteness of the output frequency setting, and at the same time, increases time, necessary for its retuning.

II. III. Design results

In planning the synthesizers of frequencies it is necessary to provide the basic technical requirements: range of the generated frequencies, step of frequency spectrum, power of the generated vibrations, relative instability of the generated frequency, relative sound-level output vibrations depending on the frequency of noise fluctuations, relative power of side vibrations, time of retuning.

IV. Conclusion

In order to obtain the correct results from the computer design of a synthesizer, it is necessary to meet a number of conditions: to eliminate the influence of direct components on the spectrum of the output signal by applying weight windows, to use the optimum cutting-off in the temporal realization of a signal, and to do averaging of the obtained results.