

# МЕТОД СТОХАСТИЗАЦИИ В ЦИФРОВОМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ СИНТЕЗАТОРЕ ЧАСТОТ С ПОДАВЛЕННЫМИ ЧЕТНЫМИ ГАРМОНИКАМИ ЧАСТОТЫ СИНТЕЗА<sup>1</sup>

Репин А.В.

Московский технический университет связи и информатики  
111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8<sup>а</sup>.

**Реферат:** В данной статье обсуждаются вопросы, связанные с повышением спектральной чистоты выходного колебания цифровых вычислительных синтезаторов частот (ЦВСЧ). В частности, предлагается новый подход к снижению уровня побочных дискретных составляющих (ПДС) в выходном спектре ЦВСЧ, обусловленных периодичностью импульсных выбросов напряжения или тока (глитчей), возникающих в моменты переключения разрядов цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). Подход основан на использовании метода стохастизации (разрушения периодической структуры глитчей) в известной структуре синтезатора, в котором благодаря введению специальных мер по соблюдению условия нечетной симметрии глитчей отсутствуют четные гармоники частоты синтеза.

Идея снижения уровня ПДС, обусловленных глитчами на выходе ЦАП, с помощью стохастизации была впервые заявлена в работе [1]. В основе этой идеи заложен принцип управления параметрами синтезируемого колебания таким образом, чтобы обеспечить случайное возникновение импульсных выбросов. В данном случае управляющим параметром служит постоянный уровень синтезируемого колебания.

В [2] предложен теоретический подход к стохастизации глитчей. Суть подхода заключается в случайном управлении временным положением глитчей путем введения случайного временного сдвига глитчей. В этой работе получено условие полного подавления ПДС глитчей. Для этого необходимо обеспечить случайный временной сдвиг глитчей в пределах полного периода синтеза (периода наименьшей синтезируемой частоты). Однако, выполнить это условие на практике не удается.

В [3] показана возможность практической реализации метода стохастизации, при котором обеспечивается случайный временной сдвиг глитчей в пределах половины периода синтеза. Но, как следует из работы [2], этим достигается подавление только тех ПДС, которые являются нечетными гармониками частоты синтеза.

Рассмотрим структуру цифрового вычислительного синтезатора частот, заявленную в [4] (рис.1).

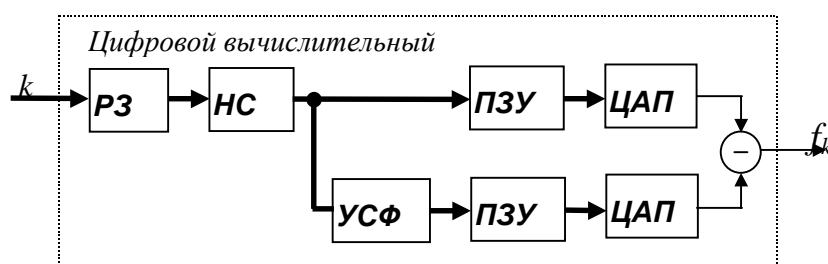


Рис.1. Структура ЦВСЧ, описанная в [4]

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 01-07-90436).

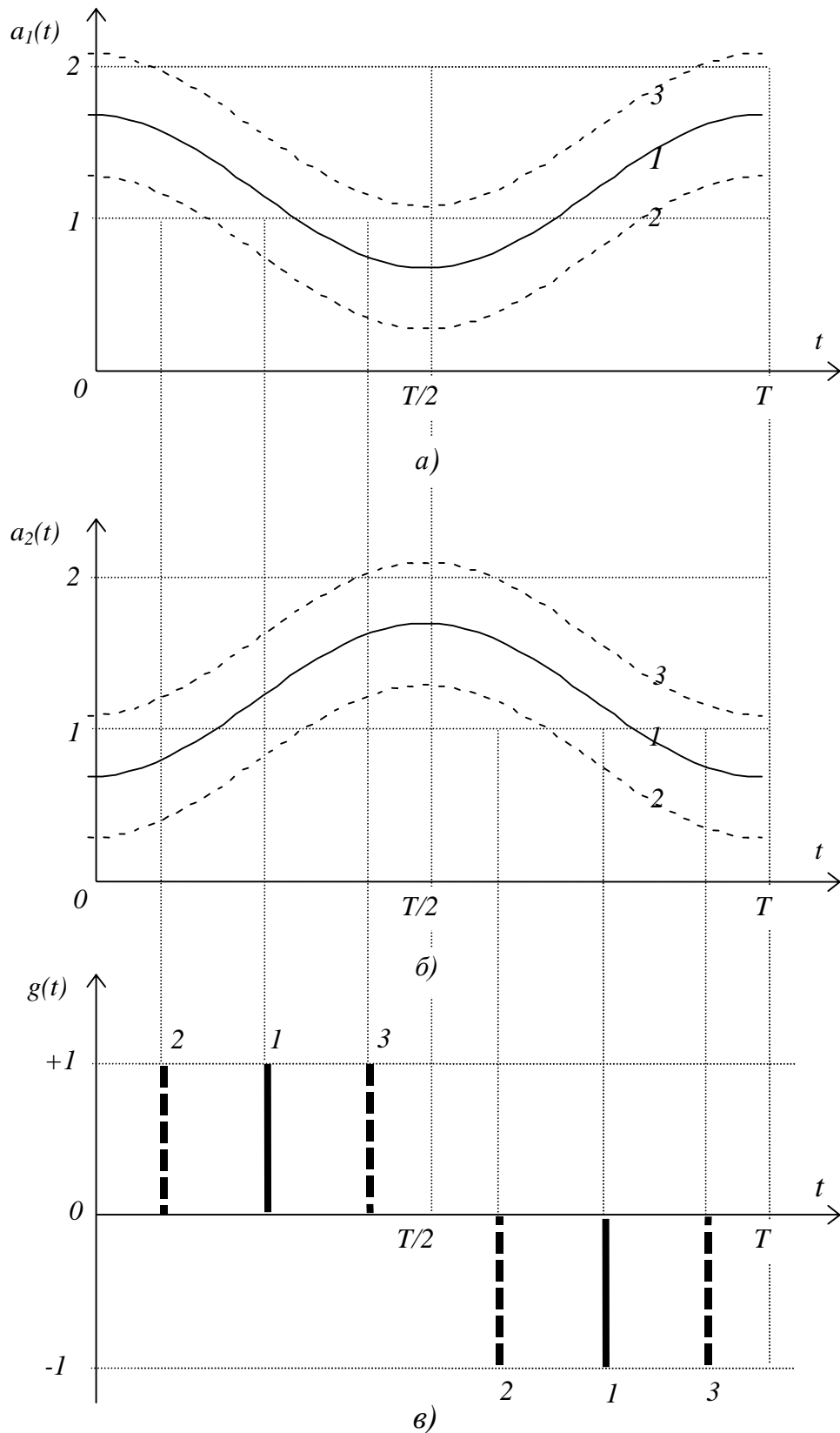


Рис.2. Нормированные колебания на входе первого (а) и второго (б) ЦАП, глитчи (в) на выходе вычитающего сумматора

Синтезатор включает в себя регистр задания частоты (РЗЧ), накопительный сумматор (НС), устройство сдвига фазы на  $180^\circ$  (УСФ), два преобразователя кодов фазы в коды значений выборок синтезируемого колебания, реализованных в виде устройств постоянной памяти (ПЗУ), два цифро-аналоговых преобразователя (ЦАП) и вычитающий сумматор.

В такой структуре реализуется принцип образования глитчей, обладающих свойством нечетной симметрии во времени. Таким образом обеспечивается отсутствие ПДС глитчей, являющихся четными гармониками частоты синтеза. Если при этом обеспечить случайный временной сдвиг глитчей в пределах половины периода синтеза, то в этом случае можно ожидать подавление оставшихся гармоник частоты синтеза.

В данной работе предлагается в известный синтезатор частот [4] ввести стохастизацию глитчей путем добавления на входе ЦАП случайных чисел с частотой, равной частоте синтеза. При этом случайные числа должны быть статистически независимыми и иметь равномерный закон распределения в пределах от 0 до максимального значения  $\xi_{max}$ , равного максимальному значению выборки синтезируемого колебания.

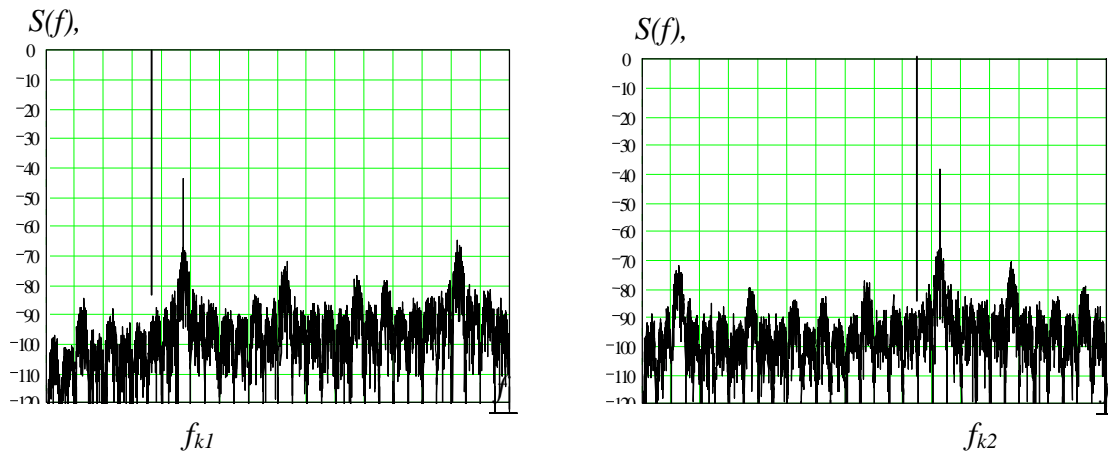


Рис.3. Спектральные диаграммы выходного процесса ЦВСЧ

На рис.2 показаны временные диаграммы, поясняющие принцип стохастизации в ЦВСЧ с образованием глитчей, обладающих свойством нечетной симметрии. На рис.3 представлены спектральные диаграммы выходного процесса синтезатора для разных значений синтезируемой частоты  $f_k$ .

Как видно из рис.3, предложенный метод стохастизации обеспечивает подавление всех ПДС, обусловленных глитчами на выходе ЦАП (все дискретные составляющие в той или иной мере оказываются «размытыми» по спектру).

### Литература

1. А.с. 1720142 СССР МКИ 5 Н 03 В 19/00. Цифровой синтезатор частот / В.П.Будишов, В.Н.Кочемасов. Б.И. №10. 1992.
2. Kuleshov V.N., Repin A.V. Theoretical Approach to the DAC Glitch Spurious Signal Reduction in DDFS // In book: Proceedings. 1998 International Symposium Acoustoelectronics, Frequency Control and Signal Generation. St. Petersburg, 1998. P. 134-139.
3. Kuleshov V.N., Repin A.V. About Architecture of Direct Digital Synthesizer with Wide Spurious-Free Dynamic Range // In book: Proceedings. 2000 International Symposium on Frequency Control and Signal Generation. St. Petersburg, 2000. P. 103-107.
4. Патент №6005419 (США) МКИ Н 03 В 21/00 Apparatus and method for harmonic reduction in a direct digital synthesizer / R.M.Rudish. 21.12.99.



## RANDOMIZATION METHOD IN DIRECT DIGITAL FREQUENCY SYNTHESIZER WITH REDUCED EVEN HARMONICS

Repin A.

Moscow Technical University of Communications and Informatics,  
8a, Aviamotornaya St., Moscow, 111024, Russia.

**Abstract:** The present paper considers a new randomization technique for discrete spectrum components (DSC) reduction in a direct digital synthesizer (DDS). The method reduces DSCs which are due to periodicity of the glitches at the output of digital-to-analog converter (DAC).

The apparatus and method for even harmonics reduction in a direct digital synthesizer are known [1]. Unfortunately, these don't reduce odd harmonics of synthesized frequency.

The authors of the paper [2] offer the randomization technique, which reduces odd harmonics of synthesized frequency. The technique is based on addition of random numbers at the input of DAC. Because of this glitches are random time shifted within the half of synthesis period. It results in odd DSCs elimination only.

The present paper suggests glitches randomization method in known structure of DDS [1]. The method adds random numbers at the input of DAC that have uniform probability density from 0 to  $\xi_{max}$ . The maximum value  $\xi_{max}$  is equaled to maximum value of synthesized waveform.

Odd symmetry of the glitches at the output of this DDS results in reduction DSCs that are even harmonics of synthesized frequency while randomization technique eliminates odd ones. The spectrum diagrams of DDS output waveform are shown in figure 1.

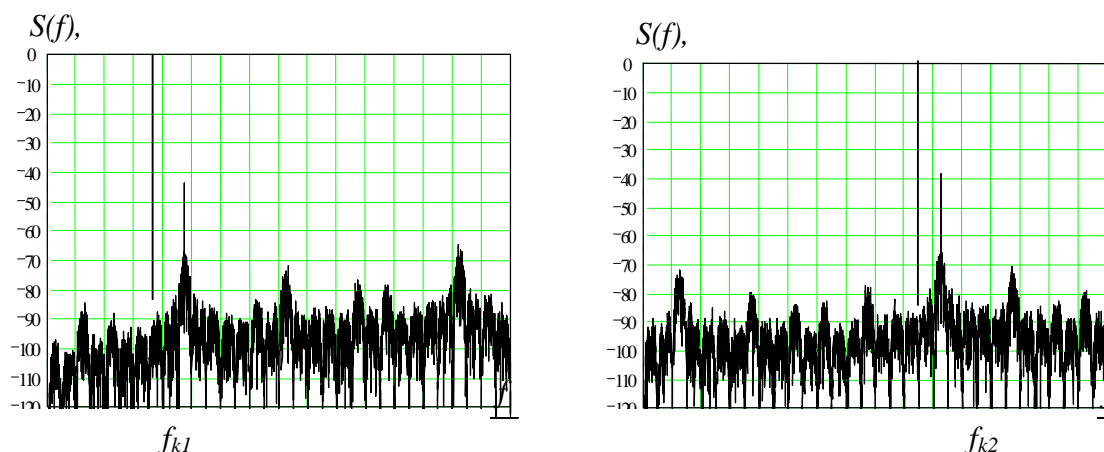


Fig.1. Spectrum diagrams of DDS output waveform

As it is shown from figure 1, all discrete spectrum components are smeared at the frequency domain.

### References

1. Patent USA №6005419 H 03 B 21/00 Apparatus and method for harmonic reduction in a direct digital synthesizer / R.M.Rudish. 21.12.99.
2. Kuleshov V.N., Repin A.V. About Architecture of Direct Digital Synthesizer with Wide Spurious-Free Dynamic Range // In book: Proceedings. 2000 International Symposium on Frequency Control and Signal Generation. St. Petersburg, 2000. P. 103-107.