

Д.И. Суржик

Научный руководитель: док.техн.наук, проф. В.В. Ромашов

Муромский институт Владимирского государственного университета

602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, д.23

e-mail: arzerum@mail.ru

### Математическое моделирование выходного сигнала ЦВС гибридных синтезаторов частот при наличии джиттера

Гибридные синтезаторы частот на основе цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС) и фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) [1] находят широкое применение в качестве источников стабильных частот и сигналов устройств различного назначения. Важным параметром систем гибридного синтеза частот является джиттер, приводящий к фазовым искажениям синтезируемого сигнала. Джиттер разделяют на две основных категории: детерминированный и случайный. Общий джиттер состоит из суммы этих компонентов. ЦВС более всего подвержен воздействию джиттера, поскольку содержит в своем составе цифро-аналоговый преобразователь, обладающий нестабильностью и нелинейной характеристикой преобразования.

Для оценки влияния джиттера на ЦВС необходимо создать математическую модель выходного сигнала устройства.

При воздействии джиттера  $s_{дж}(t)$  выходной сигнал ЦВС  $s(t)$  является смещенным по времени

$$s(t) = s(t + s_{дж}(t)) \quad (1)$$

Математическая модель такого сигнала ЦВС при воздействии джиттера, в которой учтены ошибки, возникающие при усечении фазы и квантовании амплитуды [2], определяется выражением

$$s(t) = \frac{\text{trunc} \left( N \cdot \sin \left( 2\pi \frac{2^b}{2^p} \text{trunc} \left[ \frac{K}{2^{p-a}} (t + s_{дж}(t)) \right] \right) \right)}{N} \quad (2)$$

где  $N=2^n$  - число уровней квантования ЦАП,  $n$  - разрядность ЦАП,  $p$  - разрядность АФ,  $b=p-a$  - число бит округления,  $a$  - разрядность ПЗУ,  $K = \text{round} \left( \frac{f_{ЦВС} M}{f_{ОР}} \right)$  - код синтезируемой частоты,  $\text{round}(x)$  - округление до ближайшего целого,  $M=2^p$  - число отсчетов АФ.

На рис.1 приведен простейший случай - воздействие периодического джиттера на выходной сигнал ЦВС. Для данного джиттера с синусоидальной модулирующей функцией все параметры фазового дрожания однозначно определяются через параметры угловой модуляции.

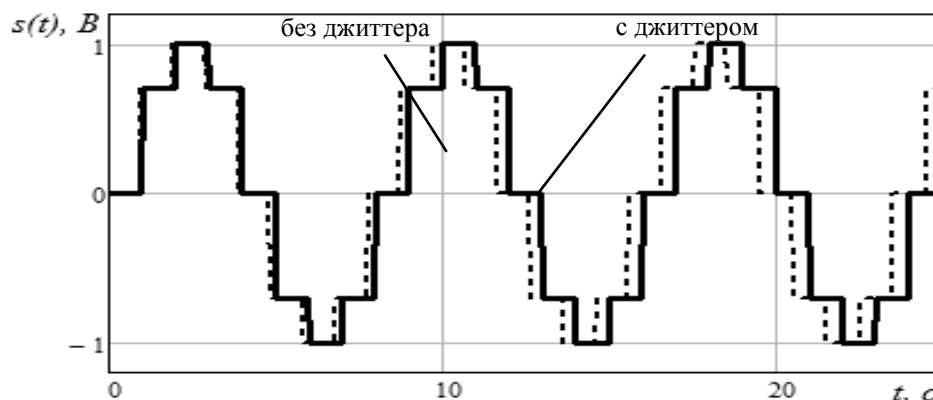


Рис. 1. Выходной сигнал ЦВС при наличии и отсутствии периодического джиттера

Как видно из рис. 1 воздействие джиттера проявляется изменением ширины "ступенек" выходного сигнала ЦВС и смещением их относительно идеального положения. В общем случае характер изменения сигнала в результате воздействия джиттера зависит от его вида, параметров,

## Секция 16. Моделирование радиоэлектронных устройств и систем

закона распределения и имеет разные характеристики в зависимости от причин и источников возникновения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-08-05542

### **Литература**

1. Surzhik D.I., Kurilov I.A., Vasilyev G.S., Kharchuk S.M. Design and mathematical modeling of hybrid frequency synthesizers with automatic compensation of DDS interferences // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Proceedings. –Omsk: Omsk State Technical University. Russia, Omsk, May 21–23, 2015. - IEEE Catalog Number: CFP15794-CDR.

2. Стешенко В. Школа схемотехнического проектирования устройств обработки сигналов. Занятие 2. – Компоненты и технологии, 2000, №4.