

С.М. Харчук, Г.С. Васильев, И.А. Курилов

Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23

E-mail: [kh@mivlgu.ru](mailto:kh@mivlgu.ru)

### Частотные характеристики гибридного синтезатора частот с комбинированным регулированием

Достоинствами цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС) являются: удобство цифрового интерфейса, высокое разрешение по частоте и фазе, быстрая перестройка по частоте без разрыва фазы. К недостаткам формирователей сигналов на основе ЦВС, в частности гибридных синтезаторов частот на основе ЦВС и системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), относится значительный уровень побочных спектральных составляющих и фазовых шумов синтезируемого колебания. Амплитудные помехи сказываются на работе устройства в меньшей степени.

Установлено, что метод автоматической компенсации является эффективным способом подавления фазовых помех на выходе ЦВС [1, 2]. Автокомпенсатор выделяет закон паразитного отклонения фазы выходного сигнала цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) ЦВС, а затем осуществляет противофазное отклонение тактового сигнала ЦАП в устройстве управляемой задержки – управляемом фазовращателе (УФ) под действием выделенного сигнала, так что фазовая помеха компенсируется [1].

В данной работе предлагается дополнить схему автокомпенсатора [1] цепью регулирования по возмущению для улучшения избирательных свойств устройства, и исследовать данные свойства при различных параметрах блоков формирователя сигналов.

На рис. 1 представлена структурная схема гибридного синтезатора на основе ЦВС, ФАПЧ и АК с комбинированным регулированием. На схеме обозначены блоки: ОГ – опорный генератор, УЧ – умножитель частоты на основе ФАПЧ, ЦАП – цифроаналоговый преобразователь ЦВС, УФ – управляемый фазовращатель, ФЦ – сглаживающий фильтр на выходе ЦВС, ФВ1 и ФВ2 – неуправляемые фазовращатели, ИТ1 и ИТ2 – информационные тракты, ФДА1 и ФДА2 – фазовые детекторы автокомпенсатора, Ф1 и Ф2 – фильтры, У1 и У2 – усилители постоянного тока, С – сумматор. Детекторы ФДА1 и ФДА2, а также фильтры Ф1 и Ф2 образуют управляющие тракты автокомпенсатора. Также обозначено  $\Delta\varphi_{\text{вых}}$  – отклонение фазы выходного сигнала формирователя под действием дестабилизирующих факторов (выходной параметр устройства),  $S_{\Pi}$  – код выходного сигнала ЦВС.

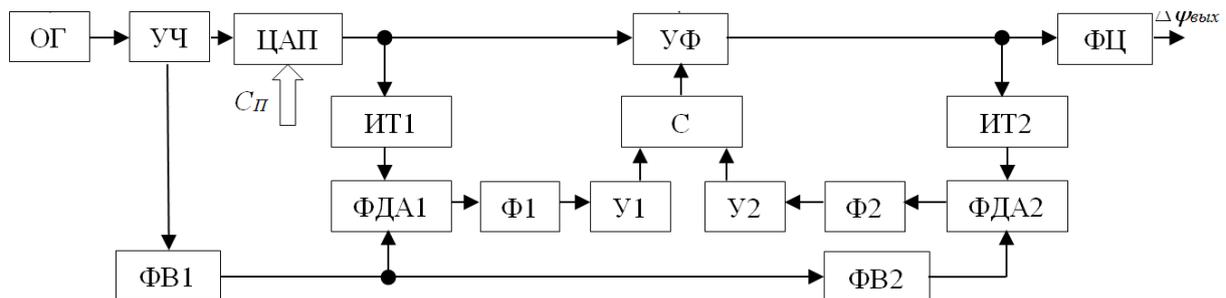
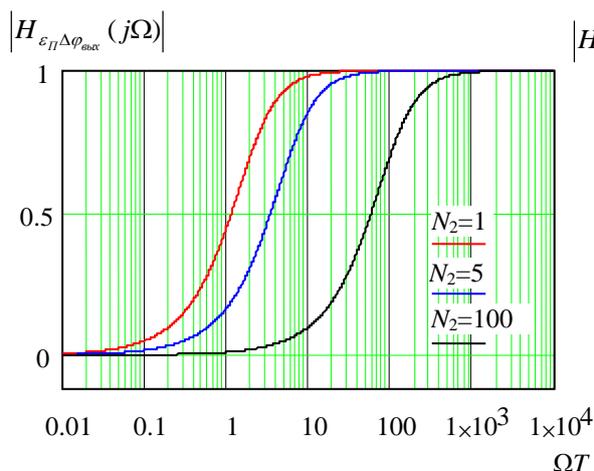


Рис. 1. Структурная схема гибридного синтезатора на основе ЦВС, ФАПЧ и АК с комбинированным регулированием

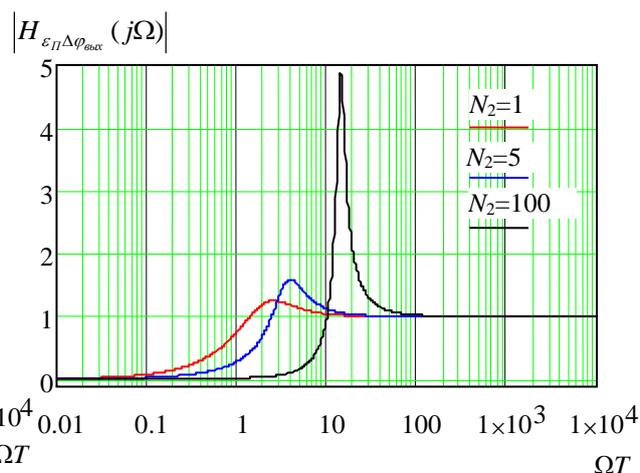
Для анализа избирательных свойств АК определим его амплитудно-частотные (АЧХ) и фазо-частотные (ФЧХ) характеристики при воздействии дестабилизирующего фактора на ЦАП ЦВС  $\varepsilon_{\Pi}$  как модуль и аргумент комплексной передаточной функции АК при  $p \rightarrow j\Omega$ .

АЧХ автокомпенсатора с ФНЧ 1-го и 2-го порядков,  $N_1=1$  и различными  $N_2$  показаны на рис. 2 и 3, здесь  $N_1$  и  $N_2$  – коэффициенты регулирования автокомпенсатора по возмущению и отклонению. Постоянные времени звеньев фильтров приняты равными  $T_1=T$ ,  $T_2=0,5T$ . Частотные характеристики устройства с ФНЧ 1-го порядка (рис. 2) являются монотонными

функциями, с ФНЧ 2-го порядка (рис. 3) – имеют экстремальный характер, величина максимума увеличивается с ростом  $N_2$ , что говорит об уменьшении запаса устойчивости.



**Рис. 2.** АЧХ автокомпенсатора с ФНЧ 1-го порядка,  $N_1=1$  и различными  $N_2$



**Рис. 3.** АЧХ автокомпенсатора с ФНЧ 2-го порядка,  $N_1=1$  и различными  $N_2$

Выполнен анализ амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик гибридного синтезатора с автокомпенсатором фазовых помех и двумя типами фильтров компенсационного тракта: ФНЧ 1-го и 2-го порядка, а также различными коэффициентами регулирования устройства. Установлено, что применение комбинированного регулирования в канале автоматической компенсации фазовых искажений синтезатора позволяет повысить степень компенсации искажений. Проведенные исследования позволяют установить степень компенсации помех и выбирать параметры блоков для увеличения подавления помех и улучшения избирательных и динамических свойств устройства.

*Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 15-08-05542*

#### Литература

1. Курилов И.А., Рудаков А.М., Харчук С.М., Романов Д.Н. Математическое моделирование автокомпенсации фазовых помех на выходе ЦАП прямого цифрового синтезатора частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2 (10), 2013. – С. 19-25.
2. Васильев Г.С., Курилов И.А., Харчук С.М. Моделирование нелинейного автокомпенсатора фазовых помех ЦАП прямого цифрового синтезатора частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2, 2014. – С. 30-38.