

Г.С. Васильев, С.М. Харчук, 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

Передаточные функции синтезатора частот с автокомпенсацией фазовых шумов ЦВС и ФАПЧ и регулированием по отклонению

В работе рассматривается структурная схема гибридного синтезатора частот на основе цифрового вычислительного синтезатора (ЦВС) и фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), с автокомпенсацией фазовых помех. В качестве регулирующего каскада применен управляемый фазовращатель (УФ). Автоматическая компенсация не желательного отклонения фазы осуществляется путем противофазного управления фазовым отклонением полезного сигнала при помощи предварительно сформированного управляющего сигнала [1].

Поскольку предложенная структура синтезатора использует два формирующих тракта, создаются условия для одновременного подавления фазовой помехи сигналов ЦВС и ФАПЧ. Схема построена по принципу регулирования по отклонению и содержит: опорный генератор (ОГ), ЦВС, УФ, сглаживающий фильтр выходного сигнала ЦВС (ФЦ), неуправляемый фазовращатель (ФВ), информационный тракт (ИТ), фазовый детектор автокомпенсатора (ФДА), фильтры системы ФАПЧ (Ф) и автокомпенсатора (Ф2), усилитель постоянного тока (У2) и сумматор. Умножитель частоты на ФАПЧ включает в себя фазовый детектор (ФД), фильтр нижних частот (Ф), генератор, управляемый напряжением (ГУН) и делитель с переменным коэффициентом деления (ДПКД). Информационный тракт автокомпенсатора состоит из дифференцирующей цепи, двухполупериодного выпрямителя и Т-триггера, аналогичный Т-триггер образует опорный тракт (ОТ). Тракт автокомпенсации помехи ФАПЧ состоит из фильтра (Ф*) и усилителя (У*).

Обозначим коэффициент передачи соответствующего блока схемы - K с нижним индексом, $N_{ДПКД}$ - коэффициент деления ДПКД, n_2 и n^* - коэффициенты усиления усилителей У2 и У*, $M_2(p)$, $M_\Phi(p)$ и $M^*(p)$ - коэффициенты передачи фильтров Ф2, Ф и Ф*, p - оператор. Поскольку опорный и информационные тракты осуществляют деление частоты на 2 и $2K_{ЦВС}$, их коэффициенты передачи для отклонений фазы $K_{ОГ} = \frac{1}{2}$ и $K_{ИТ} = \frac{1}{2K_{ЦВС}}$. Фильтр ФЦ выделяет

основную частоту выходного сигнала ЦВС. Далее примем, что неуправляемый фазовращатель ФВ2 не вносит частотных и фазовых сдвигов, поэтому его коэффициент передачи равен 1.

Кусочно линеаризуем нелинейные характеристики звеньев ГСЧ на основе аппроксимации непрерывными кусочно-линейными функциями (НКЛФ) [2] и получим выражения передаточных функций исследуемого устройства, справедливые как при малых, так и при больших величинах внешних и внутренних помех. В соответствии со схемой предложенного синтезатора, передаточные функции блоков, для текущих отрезков аппроксимации характеристик УФ, и ФДА2 (m , и n) могут быть представлены в виде

$$H_{ЦВС}^{(m,n)}(p) = \frac{1}{1 + N_2^{(mm)} M_2(p) H_{ОГ}(p) / K_{ОГ}},$$

$$H_{ГУН}(p) = \frac{p H_{ОГ}(p)}{K_{ЦВС} K_{ФД} M(p) K_{ГУН}},$$

$$H_{ОГ}(p) = \frac{N_{ДПКД} K_{ЦВС}}{1 + \frac{p T_c N_{ДПКД} [1 + N^* M^*(p)]}{M^*(p)}}$$

Секция 9. Методы и устройства повышения качества передачи информации

$$H_{y\phi}^{(m,n)}(p) = \frac{-K_{y\phi}^{(m)}}{1 + N_2^{(m,n)} M_2(p) H_{ог}(p) / K_{ог}}$$

$$H_{дпкд}(p) = \frac{H_{ог}(p)}{K_{цвс}} \quad H_{фд}(p) = \frac{H_{ог}(p)}{K_{цвс} K_{фд}}$$

$$T_c = \frac{1}{K_{гун} K_{фд}} \quad N_2^{(m,n)} = \frac{K_{y\phi}^{(m)} n_2 K_{д2}^{(n)}}{2K_{цвс}}$$

где T_c - постоянная времени петли ФАПЧ, $N_2^{(m,n)}$ - коэффициент

регулирования автокомпенсатора помехи ЦВС по отклонению, $N^* = K_{y\phi} n^* K_{фд}$ - коэффициент регулирования тракта автокомпенсации помехи ФАПЧ.

Для случая, когда максимальные отклонения параметров находятся в пределах участков аппроксимации с одним номером (линейный режим), коэффициенты примут вид

$$K_{y\phi}^{(m)} = K_{y\phi}, \quad K_{д2}^{(n)} = K_{д2}, \quad N_2^{(m,n)} = \frac{K_{y\phi} n_2 K_{д2}}{2K_{цвс}} = N_2$$

Выражения передаточных функций позволяют провести анализ основных характеристик синтезатора (устойчивость, частотные и динамические характеристики) и исследовать его свойства. Получены выражения передаточных функций кусочно линеаризованного гибридного синтезатора для трех вариантов дестабилизирующих воздействий, подтверждающие высокий уровень подавления фазовых помех.

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

Литература

1. Васильев Г. С., Курилов И. А., Суржик Д. И., Харчук С. М. Частотные характеристики автокомпенсатора фазовых помех цифрового вычислительного синтезатора частот. / Радиотехнические и телекоммуникационные системы. № 1(17), 2015. – С. 12-20.
2. Суржик Д. И., Курилов И. А., Васильев Г. С. Компенсация искажений ЦВС в гибридных синтезаторах частот. / Радиотехнические и телекоммуникационные системы. № 4(20), 2015. – С. 13-19.