

Курилов И.А., Васильев Г.С., Суржик Д.И.
 Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
 учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
 E-mail: kh@mivlgu.ru

Характеристики гибридного синтезатора частот при дестабилизации управляемого генератора

Рассматривается гибридный синтезатор частот (ГСЧ) на основе системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) с применением цифрового вычислительного синтезатора частот (ЦВС) в информационном тракте ФАПЧ. ЦВС охвачен системой автоматической компенсации фазовых искажений.

Применение в схеме ГСЧ системы автоматической компенсации фазовых искажений [1-3] позволило существенно снизить, уровень собственных искажений ЦВС, а также и снизить уровень фазовых искажений устройства в целом. Принцип действия автоматического компенсатора фазовых искажений основан на выделении закона паразитного отклонения фазы в блоке, подверженном искажениям и противофазном отклонении фазы сигнала данного блока таким образом, что первоначальное паразитное отклонение фазы компенсируется.

Возможные виды дестабилизирующего воздействия могут быть следующие: неустойчивости температуры, питающих напряжений, вибрации, внешние наводки на устройство, собственные фазовые шумы, а также другие воздействия на управляемый генератор системы ФАПЧ ГСЧ, приводящие к паразитным отклонениям фазы выходного сигнала гибридного синтезатора.

На основании структурной схемы гибридного синтезатора с автокомпенсацией искажений построена структурная модель ГСЧ при дестабилизации управляемого генератора (рис.1). Для этого блоки схемы электрической структурной ГСЧ заменили их моделями. Поскольку фильтр ЦВС достаточно широкополосный для спектра искажений, принято, что его передаточная функция $M_{\text{Ц}}(p)=1$, где $p=d/dt$ – оператор Лапласа.

На модели введены следующие обозначения. Параметры блоков системы ФАПЧ обозначены, как $K_{\text{Д}}$ – коэффициент передачи фазового детектора, $M(p)$ – передаточная функция фильтра, $K_{\text{Ч}}$ – коэффициент передачи делителя частоты опорного генератора, $K_{\text{Г}}/p$ – передаточная функция управляемого генератора, $K_{\text{ЭГ}}$ – коэффициент передачи дестабилизирующего фактора управляемого генератора, а для ЦВС, как $K_{\text{Ц}}$ – коэффициент передачи ЦАП. Для блоков автокомпенсатора коэффициенты передачи блоков обозначены, как - $K_{\text{У}}$ – коэффициент передачи управляемого фазовращателя, $K_{\text{ОТ}}$ – коэффициент передачи опорного тракта, $K_{\text{ИТ}}$ – коэффициент передачи информационного тракта, $K_{\text{ДА}}$ – коэффициент передачи фазового детектора, $M_{\text{А}}(p)$ – передаточная функция фильтра, $p_{\text{А}}$ – коэффициент передачи усилителя постоянного тока. Так же введены следующие обозначения для отклонений фаз сигналов - φ – выходного сигнала формирователя, $\varphi_{\text{ИТ}}$ – информационного тракта, $\varphi_{\text{ОТ}}$ – опорного тракта, $\varphi_{\text{А}}$ – ЦАП, $\varphi_{\text{ЭГ}}$ – управляемого генератора при дестабилизирующем воздействии, $\varphi_{\text{ДА}}$ – разность фаз на входах фазового детектора $\varphi_{\text{У}}$ – отклонение, фазы вносимое управляемым фазовращателем.

На основании разработанной модели записано дифференциальное уравнение формирователя сигналов и получена передаточная функция формирователя, связывающая отклонение фазы выходного сигнала устройства с воздействием дестабилизирующего фактора $\varepsilon_{\text{Г}}$ на опорный генератор

$$H_{\varepsilon_{\text{Г}}\varphi} = \frac{K_{\text{ЭГ}}}{1 + \frac{1}{\tau p} M(p)}, \quad (1)$$

где τ – постоянная времени синтезатора частот на основе ФАПЧ.

Так для фильтра нижних частот второго порядка выражение (1) принимает вид

$$H_{\varepsilon\Gamma\varphi} = \frac{K_{\varepsilon\Gamma}}{1 + \frac{1}{\tau_p(1+T_p)(1+T_p)+1}} \quad (2)$$

В работе рассчитаны и построены амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики ГСЧ. Проведено исследование амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик гибридного синтезатора при дестабилизации управляемого генератора для фильтров нижних частот первого и второго порядков, и для широкополосного тракта управляющего сигнала при различных значениях постоянных времени используемых фильтров и параметров системы ФАПЧ синтезатора.

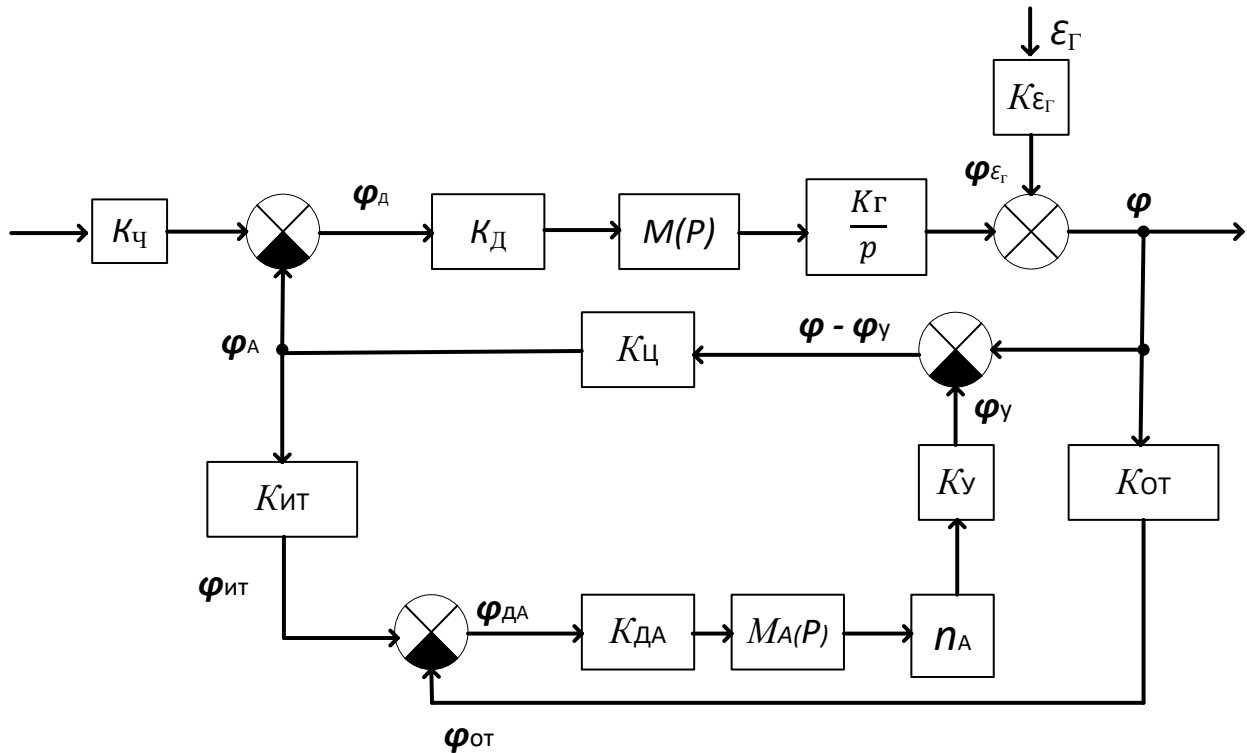


Рис.1. Схема разработанного устройства

Литература

1. Васильев Г.С., Курилов И.А., Харчук С.М. Моделирование нелинейного автокомпенсатора фазовых искажений ЦАП прямого цифрового синтезатора частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2, 2014. – С. 30-38.
2. Суржик Д. И., Курилов И. А., Васильев Г. С. Компенсация искажений ЦВС в гибридных синтезаторах частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. - 2015. – № 4(20). - С. 13-19.
3. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Якименко К.А. Исследование шумовых характеристик гибридного синтезатора частот на основе однокольцевой ИФАПЧ со смесителем и цифрового вычислительного синтезатора. – Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2013. № 4 (12). С. 23-29