

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

Частотные характеристики формирователя сигналов при дестабилизации управляемого фазовращателя

В работе рассматриваются амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики формирователя сигнала на основе системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) с применением цифрового вычислительного синтезатора частот (ЦВС). Вычислительный синтезатор включен в информационный тракт системы ФАПЧ.

Для снижения уровня паразитного отклонения фазы выходного сигнала формирователя в устройстве применена система автоматической компенсации фазовых искажений ЦВС [1-3].

Принцип действия автоматического компенсатора фазовых искажений основан на выделении закона паразитного отклонения фазы цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) ЦВС и противофазном отклонении фазы входного сигнала ЦВС таким образом, что первоначальное паразитное отклонение фазы компенсируется. Управление фазовым отклонением входного сигнала ЦАП осуществляется при помощи управляемого фазовращателя (УФ) (управляемой линии задержки).

В качестве возмущающего воздействия ε_y , дестабилизирующего работу УФ выступают нестабильности температуры, вибрации, нестабильности питающих напряжений, внешние наводки, собственные фазовые шумы, а также другие воздействия на УФ-автокомпенсатора искажений, приводящие к паразитным отклонениям фазы УФ и соответственно формирователя в целом.

Структурная модель линеаризованного формирователя сигналов при дестабилизации УФ представлена на рис.1. При разработке модели принято, что фильтр ЦВС достаточно широкополосный и его передаточная функция $M_{\text{Ц}}(p)=1$, где $p=d/dt$ – оператор Лапласа. На модели приняты следующие обозначения: параметры блоков системы ФАПЧ - $K_{\text{д}}$ – коэффициент передачи фазового детектора, $M(p)$ -передаточная функция фильтра, $K_{\text{ч}}$ – коэффициент передачи делителя частоты опорного генератора, $K_{\text{Г}}/p$ – передаточная функция генератора управляемого напряжением; для ЦВС - $K_{\text{ц}}$ – коэффициент передачи ЦАП; для блоков автокомпенсатора - $K_{\text{у}}$ – коэффициент передачи УФ, $K_{\text{еу}}$ – коэффициент передачи дестабилизирующего фактора УФ, $K_{\text{от}}$ – 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; для отклонений фаз сигналов - φ – выходного сигнала формирователя, $\varphi_{\text{ит}}$ – информационного тракта, $\varphi_{\text{от}}$ – опорного тракта, $\varphi_{\text{А}}$ – ЦАП, $\varphi_{\text{еу}}$ – УФ 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 в операторной форме и получена передаточная функция формирователя, связывающая отклонение фазы выходного сигнала устройства с воздействием дестабилизирующего фактора на УФ

$$H_{\varepsilon_{\text{у}\varphi}} = - \frac{K_{\text{еу}} \frac{1}{\tau p} M(p)}{\left(1 + \frac{1}{2} N_{\text{А}} M_{\text{А}}(p)\right) \left(1 + \frac{1}{\tau p} M(p)\right)}. \quad (1)$$

где $N_{\text{А}} = K_{\text{да}} n_{\text{А}} K_{\text{у}}$ – коэффициент регулирования автокомпенсатора, τ – постоянная времени синтезатора частот на основе ФАПЧ.

Так для фильтров нижних частот первого порядка в управляющих трактах автокомпенсатора и синтезатора выражение (1) принимает вид

$$H_{\varepsilon_y \varphi} = -K_{\varepsilon_y} \frac{1}{\left(1 + 0,5N_A \frac{1}{1+T_{AD}}\right) \left(\tau p + \frac{1}{1+T_p}\right) (1 + T_p)}. \quad (2)$$

В работе рассчитаны амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики формирователя сигнала при дестабилизации УФ, для фильтров управляющих трактов - нижних частот первого и второго порядков, и для широкополосных трактов управляющего сигнала. Построены частотные характеристики и проведено исследование реакции формирователя на изменения постоянных времени используемых фильтров, параметров устройства и коэффициента регулирования автокомпенсатора.

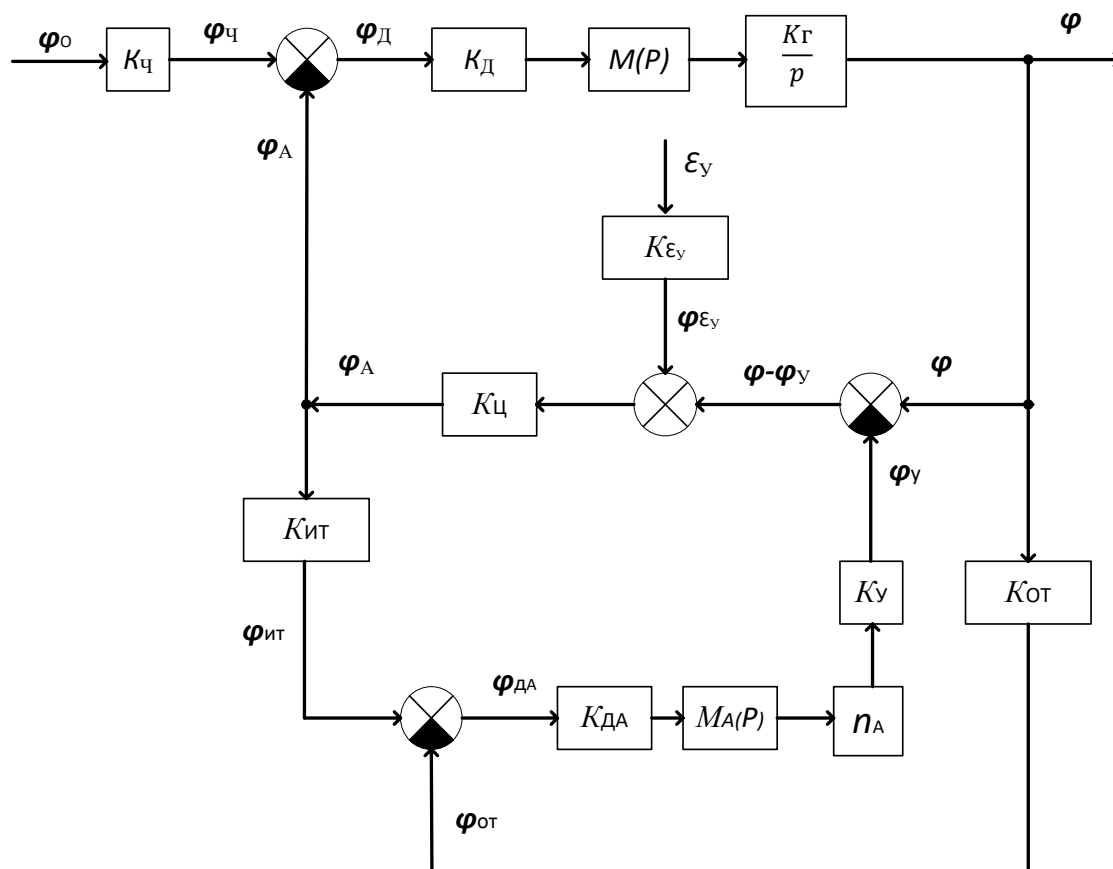


Рис.1. Структурная модель линейризованного формирователя сигналов

Литература

1. 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.
2. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К. Шумовые характеристики формирователей сигналов на основе цифровых вычислительных синтезаторов и умножителей частоты. – Радиопромышленность. 2012. № 2. С. 31-38.
3. 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.