

Формирователь высокостабильного сигнала с комбинированным управлением

О.Р. Кузичкин¹, Д.И.Суржик², Г.С.Васильев¹, И.А.Курилов²

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный национальный исследовательский университет", E-mail: vasilievgleb@yandex.ru

²Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых", E-mail: arzerum@mail.ru

Представлены результаты исследования высокостабильного формирователя сигналов с системой дополнительной компенсации фазовых помех. Система компенсации реализует принцип комбинированного управления. Построены линеаризованные модели и получены передаточные функции формирователя.

The results of the study of a highly stable signal conditioner with a system of additional phase noise compensation are presented. The compensation system implements the principle of combined control. The linearized models are constructed and the transfer functions of the shaper are obtained.

Введение

Формирователи высокостабильного сигнала получили широкое распространение при построении измерительных устройств и систем, систем геомониторинга, связи и т.п. Важным качественным показателем формирователей сигналов является спектральная чистота его выходного колебания, которая в значительной степени определяется уровнем фазовых искажений и помех выходного сигнала [1].

Предотвратить появление помех конструктивными методами и оптимизацией выбора составляющих элементов не всегда представляется возможным.

Эффективным методом борьбы с фазовыми помехами является использование принципов компенсации. При этом выделяется информация о помехе и путем противофазного управления отклонением фазы опорного сигнала осуществляется её компенсация в управляемом фазовращателе [2,3].

Модели формирователя сигнала с комбинированным управлением

Формирователь реализует принципы синтеза частот на основе системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и комбинированного управления для компенсации фазовых помех. В качестве источника информационного сигнала о помехе используется фазовый детектор системы ФАПЧ формирователя. Компенсация помехи осуществляется в двух фазовращателях, расположенных в трактах опорного и выходного сигнала соответственно.

Исследования проводятся при воздействии мешающих возмущений на генератор опорного сигнала и на генератор, управляемый напряжением. С учетом малых помеховых воздействий проведена линеаризация устройства. В частности, структурная модель формирователя сигнала с комбинированным управлением при воздействии дестабилизирующих факторов на генератор опорного сигнала представлена на рис.1.

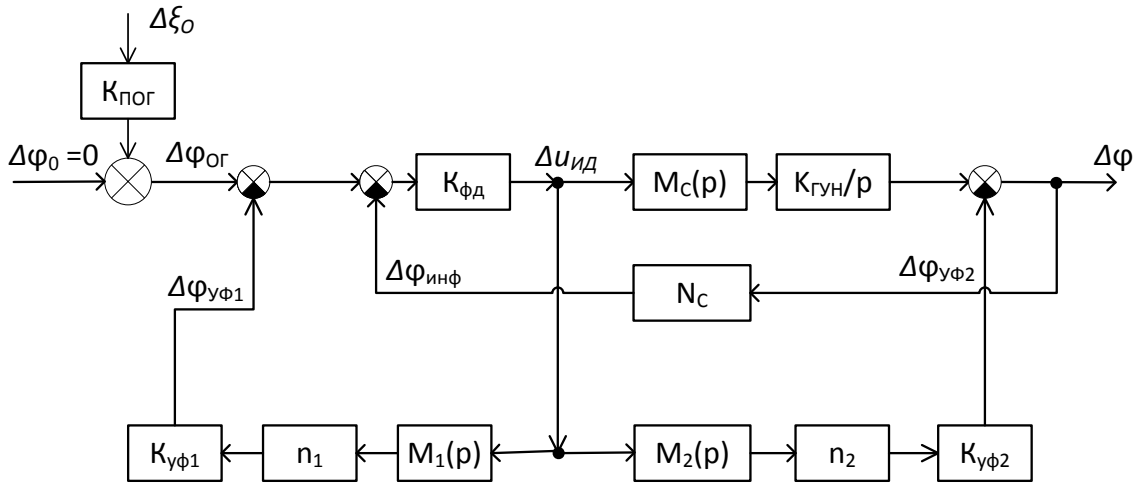


Рис.1. Структурная модель формирователя сигнала с комбинированным управлением при воздействии на генератор опорного сигнала

На модели приняты следующие обозначения: N_c - коэффициент передачи делителя частоты; $K_{уф1}$, $K_{уф2}$ - коэффициенты передачи первого и второго управляемого фазовращателя соответственно, $K_{д}$ - коэффициент передачи фазового детектора, $K_{гун}/p$ - коэффициент передачи генератора, управляемого напряжением, p - оператор Лапласа; $K_{пог}$ - весовой коэффициент преобразования воздействия в отклонение фазы выходного сигнала опорного генератора $M_c(p)$, $M_1(p)$, $M_2(p)$, - коэффициенты передачи фильтров нижних частот; n_1 , n_2 -коэффициенты передачи усилителей постоянного тока; $\Delta\varphi$ - отклонение фазы выходного сигнала формирователя; $\Delta\varphi_{инф}$ - отклонение фазы информационного тракта; $\Delta\varphi_0$ - отклонение фазы выходного сигнала опорного генератора при отсутствии возмущений; $\Delta\varphi_{г}$ - отклонение фазы выходного сигнала опорного генератора при воздействии возмущений; $\Delta\varphi_{уф1}$, $\Delta\varphi_{уф2}$ - отклонения фазы, вносимые первым и вторым управляемыми фазовращателями соответственно; $\Delta u_{ид}$ - информационный сигнал на выходе детектора фазовой автоподстройки; $\Delta\varepsilon_0$ - возмущающее воздействие на опорный генератор.

С учетом структурной модели (рис. 1) и принятых ранее обозначений, уравнение формирователя и уравнение первичного компенсационного сигнала могут быть представлены в виде

$$\Delta\varphi = (\Delta\varepsilon_0 \cdot K_{пог} - \Delta\varphi_{уф1} - \Delta\varphi_{инф}) \cdot K_{фд} \cdot M_c(p) \cdot \frac{K_{ог}}{p}. \quad (1)$$

и

$$\Delta u_{ид} = (\Delta\varepsilon_0 \cdot K_{пог} - \Delta\varphi_{уф1} - \Delta\varphi_{инф}) \cdot K_{фд}. \quad (2)$$

На основании (1) и (2) получена передаточная функция формирователя для отклонения фазы сигнала на выходе устройства при дестабилизации опорного генератора

$$H_{\Delta\varepsilon_0\Delta\varphi} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta\varepsilon_0} = \frac{K_{пог} \cdot K_{фд} \cdot (A - C)}{B \cdot K_{фд} + \frac{1}{N_c} \cdot K_{фд} \cdot (A - C) + 1}, \quad (3)$$

где $A = M_c(p) \cdot \frac{K_{ог}}{p}$,

$B = K_{уф1} \cdot M_1(p) \cdot n_1$,

$C = E_d K_{уф2} \cdot M_2(p) \cdot n_2$.

Полученное выражение передаточной функции является обобщенным. Оно позволяет исследовать устойчивость формирователя сигналов, его частотные и динамические характеристики при воздействии дестабилизирующих возмущений на опорный генератор формирователя и при произвольных типах фильтров петли ФАПЧ, а так же произвольных фильтрах компенсационных трактов составляющих комбинированного управления.

Кроме того в докладе построена модель, составлены уравнения и получена передаточная функция для воздействия мешающего возмущения на управляемый генератор формирователя с комбинированным управлением.

Выводы

В процессе исследования получены обобщенные выражения передаточных функций формирователя высокостабильного сигнала с комбинированным управлением, позволяющие проводить комплексное исследование конкретного формирователя с заданными типами фильтров и заданными значениями параметров составляющих звеньев при воздействии возмущений на опорный и управляемый генераторы.

Литература

1. Kroupa, V.F. Phase Lock Loops and Frequency Synthesis / V.F. Kroupa. - John Wiley & Sons, Ltd, 2003. – 320 p.
2. Surzhik, D.I. Modeling the noise properties of hybrid frequency synthesizers with automatic compensation of phase noise of DDS / D.I. Surzhik, I.A. Kurilov, O.R. Kuzichkin, G.S.Vasilyev, S.M. Kharchuk // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications. – 2015. – С. 7147015.
3. 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.