

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

### Динамические характеристики формирователя сигналов с преобразованием частоты

В работе исследуются характеристики формирователя сигналов, позволяющего получить сетку высокостабильных частот с низким уровнем фазовых помех. В качестве дестабилизирующих воздействий выбраны ступенчатые изменения дестабилизирующих факторов на опорный генератор и на фазовый детектор системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ)

Основные причины появления фазовых помех в формирователях сигналов рассмотрены в [1].

При построении формирователя использован принцип гибридного синтеза частот на основе системы ФАПЧ, а так же принцип цифрового вычислительного синтеза частот и реализующий данный принцип цифровой вычислительный синтезатор частот (ЦВС). Особенностью исследуемой схемы является то, что сигнал вычислительного синтезатора вводится в тракт опорного сигнала системы ФАПЧ.

Для ввода сигнала ЦВС используется смеситель частот. Кроме того, применено устройство автоматической компенсации фазовых помех - паразитных отклонений фазы выходного сигнала формирователя. Для этого в систему введены управляемый фазовращатель, фильтр и усилитель постоянного тока. Управляющий сигнал тракта автокомпенсации формируется из выходного сигнала фазового детектора системы ФАПЧ.

На рис. 1 представлена структурная модель формирователя сигналов при воздействии динамических (ступенчатых) дестабилизирующих факторов на опорный генератор и на фазовый детектор системы ФАПЧ.

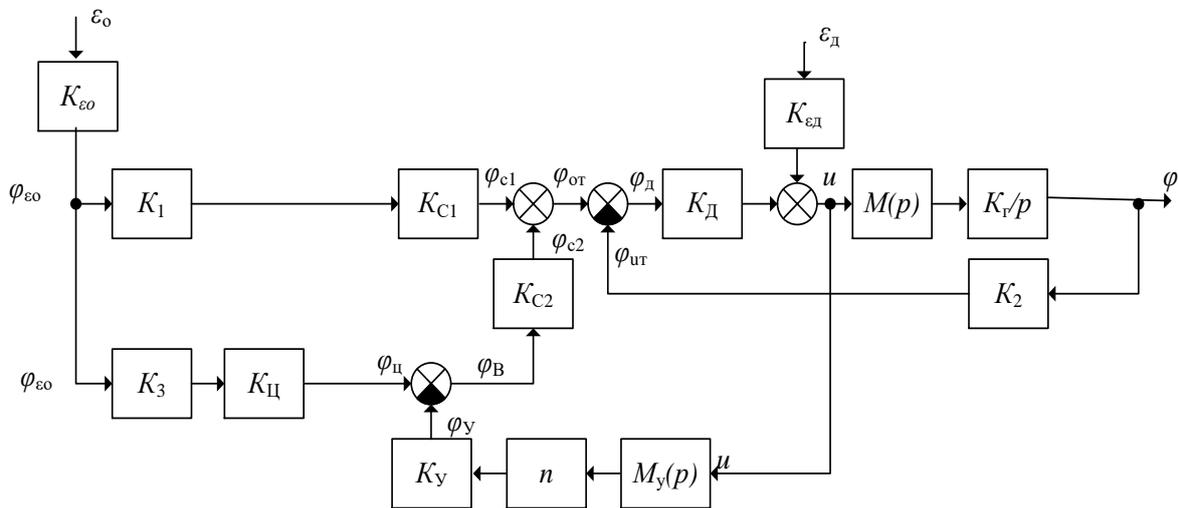


Рис.1

На модели обозначено:  $\epsilon_0$ ,  $\epsilon_d$  – дестабилизирующие воздействия соответственно на опорный генератор, ЦВС, фазовый детектор и генератор, управляемый напряжением;  $K_1$  и  $K_2$ ,  $K_3$  - коэффициенты передачи первого умножителя частоты и первого и второго делителей частоты соответственно;  $K_Ц$  – коэффициент передачи ЦВС;  $K_{C1}$ ,  $K_{C2}$  – коэффициенты передачи смесителя;  $K_у$  – коэффициент передачи управляемого фазовращателя;  $n$  – усиление тракта управления;  $M_y(p)$  - передаточная функция фильтра тракта управления;  $K_d$  – коэффициент передачи фазового детектора;  $M(p)$  – передаточная функция фильтра ФАПЧ;  $p=d/dt$  – оператор

Лапласа;  $K_{\Gamma}$  – передаточная функция генератора управляемого напряжением;  $K_{\epsilon_0}$  – коэффициент передачи помехи опорного генератора;  $K_{\epsilon_{д}}$  – коэффициент передачи помехи фазового детектора;  $\varphi_{\epsilon_0}$  – отклонение фазы сигнала при воздействии помехи на опорный генератор;  $\varphi_{д}$  – отклонение фазы сигнала при воздействии помехи на ЦВС;  $\varphi_{\gamma}$  – отклонение фазы сигнала на выходе тракта управления;  $\varphi_{\epsilon_1}, \varphi_{\epsilon_2}$  – отклонение фазы сигнала на выходе смесителя;  $\varphi_{д}$  – отклонение фазы сигнала на выходе фазового детектора;  $\varphi$  – отклонение фазы выходного сигнала формирователя. В данной модели принято, что в отсутствии дестабилизирующих воздействий отклонение фазы сигнала опорного генератора  $\varphi_0=0$ .

На основе структурной модели составлены дифференциальные уравнения формирователя и найдены решения дифференциальных уравнений, для каждого воздействия в виде передаточных функций. По передаточным функциям получены выражения для отклонения фазы выходного сигнала формирователя при динамических дестабилизирующих воздействиях.

Так, для дестабилизирующего воздействия на фазовый детектор формирователя операторное выражение для фазы выходного сигнала принимает вид

$$\varphi_{\epsilon_{д}} = \frac{K_{\epsilon_{д}}}{K_{д} \left( \frac{\tau K_2 p^2}{M(p)} (1 + NM_y(p)) + \frac{p}{K_2} \right)},$$

где  $N$  – коэффициент регулирования тракта компенсации воздействия,  $\tau$  – постоянная времени системы ФАПЧ.

Проведены исследования динамических характеристик формирователя сигналов с подстановкой девяти конкретных параметров и трех видов фильтров составляющих звеньев. Проведенные исследования позволяют оптимизировать параметры составляющих звеньев для динамических дестабилизирующих воздействий и повысить качественные показатели формирователя сигналов с ЦВС в тракте опорного сигнала.

### 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.