

Курилов И.А., Кузичкин О.Р., 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

Передаточные характеристики синтезатора частот с автокомпенсацией помех

Исследуемый синтезатор частот позволяет получить сетку высокостабильных частот с низким уровнем фазовых помех, что обеспечивает высокое качество выходного сигнала устройства.

Ряд причин появления фазовых помех в синтезаторах частот и некоторые методы их подавления рассматриваются в работе [1].

При построении синтезатора частот использован принцип гибридного синтеза частот на основе системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). В качестве делителя с переменным коэффициентом деления применён цифровой вычислительный синтезатор частот (ЦВС). Сигнал вычислительного синтезатора вводится в тракт опорного сигнала системы ФАПЧ.

Особенностью исследуемой схемы является применение устройства автоматической компенсации фазовых помех сигнала вычислительного синтезатора частот. Для дополнительного подавления помех в схему устройства введены управляемый фазовращатель, фильтр и усилитель постоянного тока, подключенные к выходной цепи фазового детектора системы ФАПЧ.

Электрическая структурная схема синтезатора представлена на рис.1.

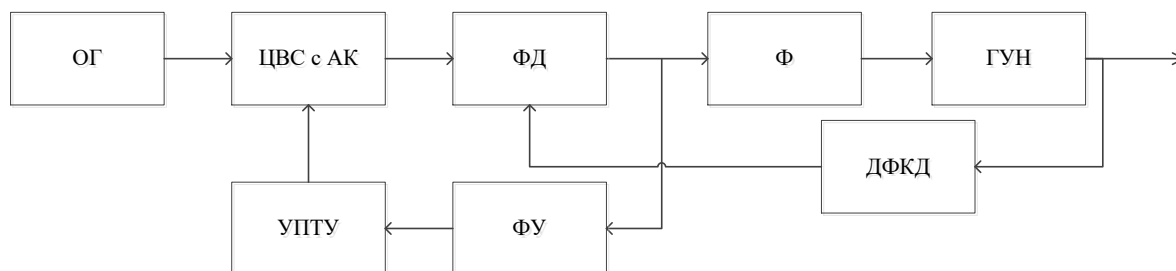


Рис.1

На рис.1 приняты следующие обозначения, составляющих синтезатор блоков: ОГ – опорный генератор; ЦВС с АК – цифровой вычислительный синтезатор с автокомпенсатором фазовых помех; ФД – фазовый детектор системы ФАПЧ; ФУ – фильтр управляющего тракта; УПТУ – усилитель постоянного тока управляющего тракта; Ф – фильтр; ДФКД – делитель частоты с фиксированным коэффициентом деления; ГУН – генератор управляемый напряжением.

Построена структурная модель синтезатора для основных видов воздействий. На основе структурной модели составлены дифференциальные уравнения синтезатора частот и получены их решения в виде передаточных функций. Они в аналитической форме описывают зависимости дестабилизирующего воздействия на заданный блок синтезатора частот и отклонения фазы выходного сигнала синтезатора. Всего получены выражения для четырех передаточных функций.

Введем следующие обозначения воздействий и параметров блоков, составляющих синтезатор частот: ε_0 , $\varepsilon_{\text{ц}}$, $\varepsilon_{\text{г}}$ – дестабилизирующие воздействия соответственно на опорный генератор, ЦВС, генератор, управляемый напряжением; p – оператор Лапласа; $K_{\text{от}}$ – коэффициент передачи опорного тракта блока компенсации помехи ЦВС; $K_{\text{ит}}$ – коэффициент передачи информационного тракта блока компенсации помехи ЦВС; $K_{\text{ц}}$ – коэффициент передачи ЦВС; n_y – коэффициент передачи усилителя тракта управления; n_a – коэффициент

передачи усилителя тракта компенсации; $M_y(p)$ – передаточная функция фильтра тракта управления; $M(p)$ – передаточная функция фильтра системы ФАПЧ; $M_a(p)$ – передаточная функция фильтра блока компенсации помехи ЦВС; γ_y и γ_a – обобщенные коэффициенты передачи управляющего и автокомпенсационного трактов; K_d – коэффициент передачи фазового детектора; K_y – коэффициент передачи управляемого фазовращателя; K_r – передаточная функция ГУН; K_{ε_0} – коэффициент передачи воздействия помехи на опорный генератор; $K_{\varepsilon_{\text{ц}}}$ – коэффициент передачи воздействия помехи на ЦВС; K_{ε_y} – коэффициент передачи воздействия помехи на управляемый фазовращатель; K_{ε_r} – коэффициент передачи воздействия помехи на ГУН; φ – отклонение фазы выходного сигнала синтезатора.

Для дестабилизирующих воздействий на опорный генератор и ГУН передаточные функции принимают вид

$$H_{\varepsilon_0\varphi} = \frac{\alpha_1 K K_d}{1 + \frac{\gamma_y \cdot K_{\text{ц}} \cdot (1 + K_{\text{ит}} \cdot \gamma_a \cdot K_{\text{ц}})}{K} K K_d - K_{\text{ч}} K K_d},$$

$$H_{\varepsilon_r\varphi} = K_{\varepsilon_r} \cdot \frac{1 + 0,5 \cdot N_a \cdot M_a(p) + \frac{N_y M_y(p)}{N_{\text{ц}}}}{(1 + 0,5 \cdot N_a \cdot M_a(p)) \cdot (1 + K_{\text{ч}} \cdot K + \frac{K_{\text{ц}} \cdot \gamma_y}{1 + 0,5 \cdot N_a \cdot M_a(p)})}.$$

где $N_y = K_d n_y K_y$ – коэффициент регулирования тракта управления, $N_a = K_d n_a K_y$ – коэффициент регулирования блока компенсации помехи ЦВС, $\tau = \frac{1}{K_d K_r K_{\text{ц}}}$ – постоянная времени системы ФАПЧ.

Для дестабилизирующего воздействия на ЦВС передаточная функция

$$H_{\varepsilon_{\text{ц}}\varphi} = K_{\varepsilon_{\text{ц}}} \frac{N_{\text{ц}}}{\tau p} M(p) \frac{1}{(1 + 0,5 \cdot N_a \cdot M_a(p)) (1 + K_{\text{ч}} K + \frac{K_{\text{ц}} \gamma_y}{1 + 0,5 \cdot N_a \cdot M_a(p)})}.$$

Для дестабилизирующего воздействия на управляемый фазовращатель передаточная функция

$$H_{\varepsilon_y\varphi} = K_{\varepsilon_y} \frac{M(p)}{\tau p} \frac{1}{(1 + 0,5 \cdot N_a \cdot M_a(p)) (1 + K_{\text{ч}} K + \frac{K_{\text{ц}} \gamma_y}{1 + 0,5 \cdot N_a \cdot M_a(p)})}.$$

Передаточные функции позволяют проводить исследования синтезатора частот подстановкой конкретных параметров и характеристик составляющих звеньев. А также оптимизировать параметры составляющих звеньев для конкретных видов дестабилизирующих воздействий.

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.