

Карлин Е.С., Курилов И.А., 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

Частотные характеристики формирователя сигналов с ЦВС в тракте опорного сигнала

Назначение исследуемого формирователя сигналов - получение сетки высокостабильных частот с низким уровнем фазовых помех.

В [1] рассматривается ряд причин появления фазовых помех в формирователях сигналов.

При построении формирователя использован принцип гибридного синтеза частот на основе системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и цифрового вычислительного синтезатора частот (ЦВС). Особенностью исследуемой схемы является то, что сигнал вычислительного синтезатора при помощи смесителя частоты вводится в тракт опорного сигнала системы ФАПЧ. Кроме того применено устройство автоматической компенсации фазовых помех, в виде паразитного отклонения фазы выходного сигнала формирователя. Выходной сигнал фазового детектора системы ФАПЧ используется и для управления генератором ФАПЧ и для компенсации фазовых помех.

По передаточным функциям получены выражения амплитудночастотных (АЧХ) и фазочастотных характеристик формирователя с ЦВС в тракте опорного сигнала ФАПЧ при дестабилизирующих воздействиях на опорный генератор (ε_0), ЦВС ($\varepsilon_{ц}$), фазовый детектор ($\varepsilon_д$) и генератор, управляемый напряжением ($\varepsilon_г$).

Так при широкополосном фильтре $M(j\Omega)$, в системе ФАПЧ, при фильтре нижних частот в управляющем тракте $M_y(j\Omega)$ и воздействии на опорный генератор, выражение АЧХ принимает вид

$$A_{\varepsilon_0}(\Omega) = |H_{\varepsilon_0\phi}(j\Omega)| = \left| \frac{K_{\varepsilon_0} (K_1 K_{C1} + K_3 K_{ц} K_{C2}) \frac{1}{\tau K_2 j\Omega}}{1 + \frac{1}{1 + T_y j\Omega} N + \frac{1}{\tau K_2^2 j\Omega}} \right|, \quad (1)$$

где: j - мнимая единица; Ω - частота воздействия; K_1 и K_2, K_3 - коэффициенты передачи первого множителя частоты и первого и второго делителей частоты соответственно; $K_{ц}$ - коэффициент передачи ЦВС; K_{C1}, K_{C2} - коэффициенты передачи смесителя; K_{ε_0} - коэффициент передачи помехи опорного генератора; T_y - постоянная времени фильтра нижних частот в тракте управления; N - коэффициент регулирования тракта компенсации; τ - постоянная времени системы ФАПЧ. АЧХ представлены на рис.1 и рис.2.

Для воздействия на фазовый детектор системы ФАПЧ, при $M(j\Omega) = M_y(j\Omega) = 1$, выражение для АЧХ принимает следующий вид

$$A_{\varepsilon_д}(\Omega) = |H_{\varepsilon_д\phi}(j\Omega)| = \left| \frac{K_{\varepsilon_д}}{K_д \left(\tau K_2 j\Omega (1+N) + \frac{1}{K_2} \right)} \right|, \quad (2)$$

где: $K_д$ - коэффициент передачи фазового детектора; $K_{\varepsilon_д}$ - коэффициент передачи помехи детектора.

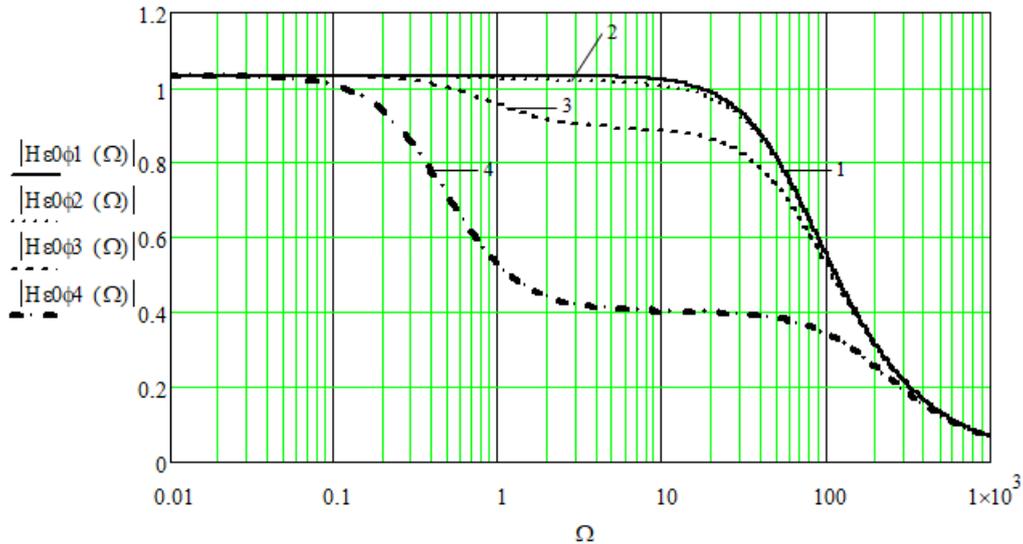


Рис.1. АЧХ при воздействии ϵ_0 . При $M(j\Omega)=1$, $M_y = \frac{1}{1+T_y j\Omega}$, $T = 0$, $T_y = 1$, график 1 – $N=0$; график 2 – $N=1$; график 3 – $N=10$; график 4 – $N=100$.

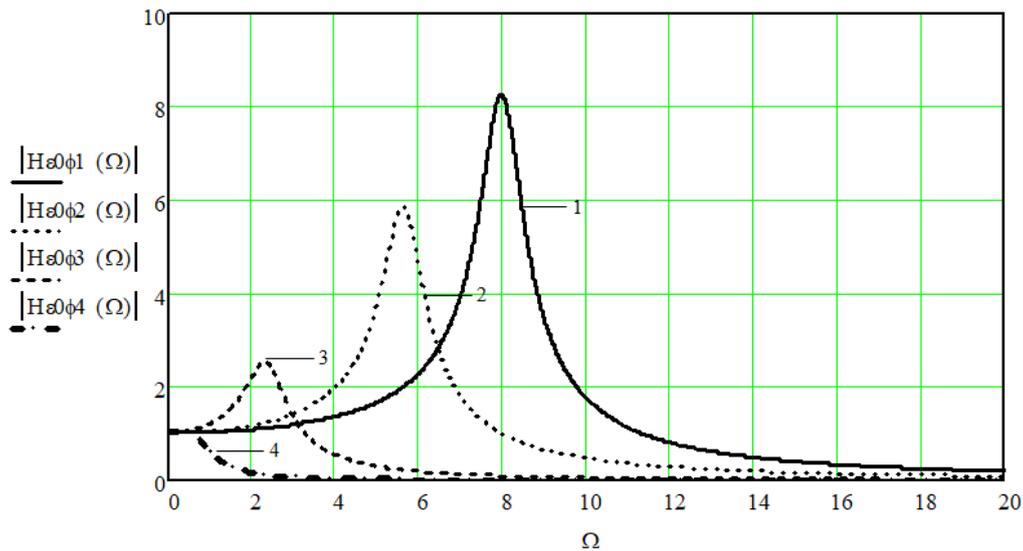


Рис.2. АЧХ при воздействии ϵ_0 . При $M = \frac{1}{1+T_j\Omega}$, $M_y(j\Omega)=1$, $T = 1$, $T_y = 0$ график 1 – $N=0$; график 2 – $N=1$; график 3 – $N=10$; график 4 – $N=100$.

Проведенный анализ графиков частотных характеристик подтверждает эффективность применения устройства автоматической компенсации для подавления фазовых помех.

Выражения частотных характеристик, полученные в процессе исследования и графические зависимости для всех видов рассматриваемых воздействий, позволяют исследовать частотные свойства формирователя сигналов с ЦВС в опорном тракте и оптимизировать параметры звеньев формирователя для обеспечения максимального подавления помехи.

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.