

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 ( $\varepsilon_0$ ), 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

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

где:  $j$  - мнимая единица;  $\Omega$  - 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;  $K_{\varepsilon_0}$  - коэффициент передачи помехи опорного генератора;  $T_y$  - постоянная времени фильтра нижних частот в тракте управления;  $N$  - коэффициент регулирования тракта компенсации;  $\tau$  - 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

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

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

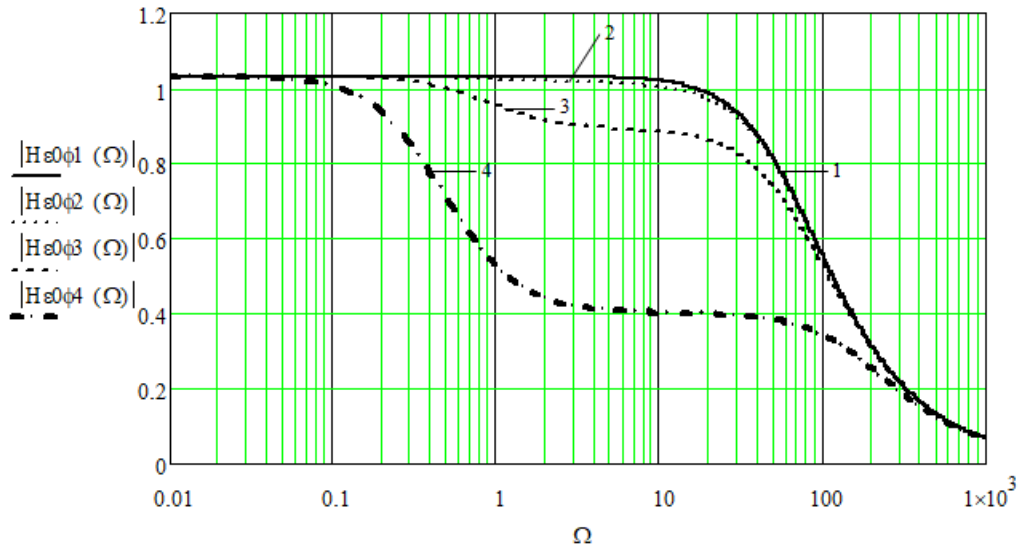


Рис.1. АЧХ при воздействии  $\epsilon_0$ . При  $M(j\Omega)=1$ ,  $M_y = \frac{1}{1+T_y j\Omega}$ ,  $T = 0$ ,  $T_y = 1$ , график 1 –  $N=0$ ; график 2 –  $N=1$ ; график 3 –  $N=10$ ; график 4 –  $N=100$ .

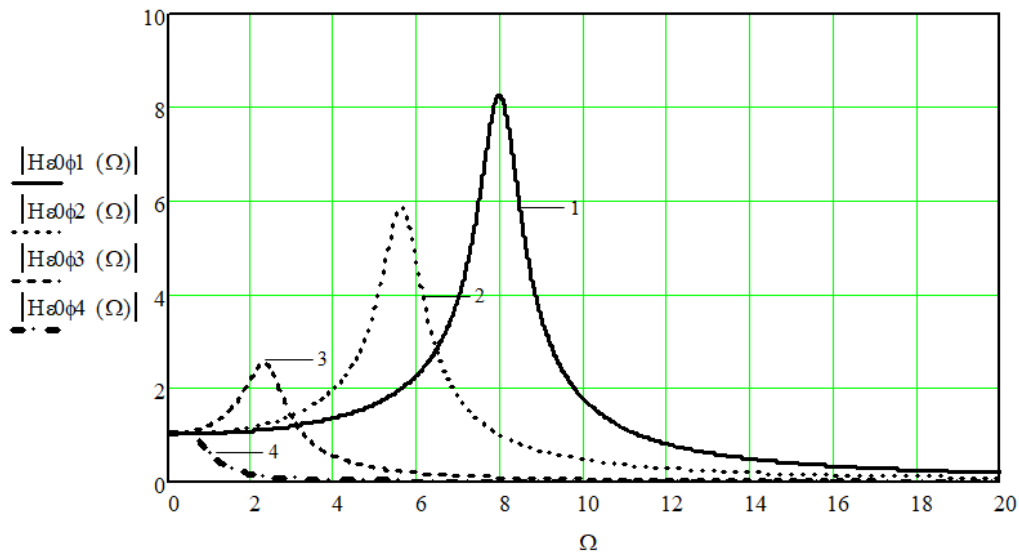


Рис.2. АЧХ при воздействии  $\epsilon_0$ . При  $M = \frac{1}{1+T_j \Omega}$ ,  $M_y(j\Omega)=1$ ,  $T = 1$ ,  $T_y = 0$  график 1 –  $N=0$ ; график 2 –  $N=1$ ; график 3 –  $N=10$ ; график 4 –  $N=100$ .

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.