

Курилова-Харчук С.М., Кузичкин О.Р., Суржик Д.И., Васильев Г.С., Курилов И.А.  
 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 комбинированной автокомпенсацией помех

Назначение предложенного и анализируемого формирователя сигналов с комбинированной автокомпенсацией помех - получение высокостабильной сетки частот с высоким уровнем чистоты спектра выходного сигнала.

К появлению фазовых помех в синтезаторе частот приводят дестабилизирующие воздействия (климатические воздействия, внешние наводки, нестабильности питания, вибрации и др.) на составляющие синтезатор звенья.

Формирователь построен по гибриднему принципу, на основе системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и цифрового вычислительного синтезатора частот (ЦВС).

Для уменьшения влияния дестабилизирующих факторов на формирователь сигналов применен метод комбинированного автоматического управления и автоматической компенсации фазовых помех. При этом методе, в предложенной схеме выходной сигнал фазового детектора системы ФАПЧ используется в качестве управляющего сигнала первого управляемого фазовращателя (УФ1), схемы автокомпенсации и обеспечивает дополнительную автоматическую компенсацию фазовых помех. Применение двух отдельных управляемых фазовращателей позволило реализовать принцип независимого по частоте помехи, управления с регулированием по отклонению и с регулированием по возмущению.

Построены структурные модели формирователя сигналов с комбинированной автокомпенсацией помех для воздействия на опорный генератор, первый и второй управляемые фазовращатели и на ЦВС. По моделям получены выражения передаточных функций формирователя сигналов для исследуемых воздействий, а так же выражения амплитудночастотных (АЧХ) и фазочастотных характеристик (ФЧХ) формирователя при исследуемых гармонических дестабилизирующих воздействиях.

Примем следующие обозначения:  $\varepsilon_0$  – дестабилизирующее воздействие на опорный генератор;  $p$  – оператор Лапласа;  $K_{от}$  – коэффициент передачи опорного тракта блока компенсации помехи ЦВС;  $K_{ит}$  – коэффициент передачи информационного тракта блока компенсации помехи ЦВС;  $K_{ц}$  – 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;  $K_d$  – коэффициент передачи фазового детектора;  $K_y$  – коэффициент передачи управляемого фазовращателя;  $K_r$  – передаточная функция ГУН;  $K_{\varepsilon_0}$  – коэффициент передачи воздействия помехи на опорный генератор;  $K_{\tau}$  – коэффициент передачи делителя с фиксированным коэффициентом деления;  $T_a$  и  $T_y$  – постоянные времени фильтров трактов автокомпенсации и управления соответственно.

Так, при фильтре нижних частот первого порядка в тракте управления и воздействии на опорный генератор (ОГ), выражение АЧХ формирователя сигналов принимает вид

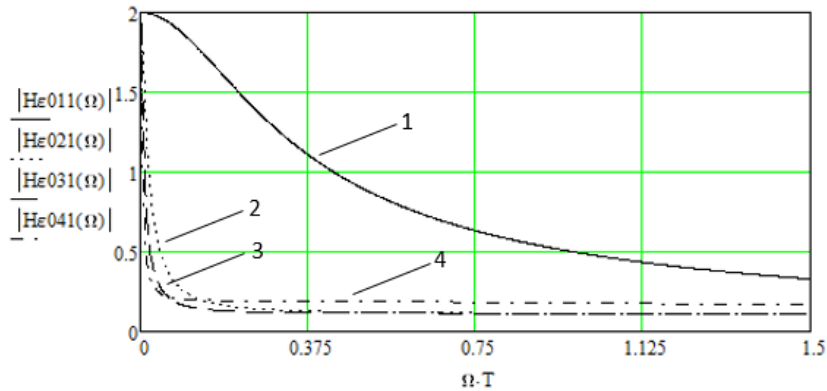
$$A(\Omega) = \left| \frac{\frac{K_{\tau} K_{\varepsilon_0} M(j\Omega)}{K_{\tau} \tau j\Omega}}{1 + \frac{M(j\Omega)}{\tau j\Omega} + \frac{N_y}{1 + T_y j\Omega} + \frac{N_a}{(1 + T_a j\Omega)} (K_{от} - K_{ц} K_{ит}) \left( \frac{N_y}{1 + T_y j\Omega} + 1 \right)} \right|,$$

где  $j$  - мнимая единица;  $\Omega$  - частота воздействия;  $N_y = K_d n_y K_y$  - коэффициент регулирования тракта управления,  $N_a = K_d n_a K_y$  - коэффициент регулирования блока компенсации помехи ЦВС,  $\tau = \frac{1}{K_d K_r K_{Ц}}$  - постоянная времени системы ФАПЧ.

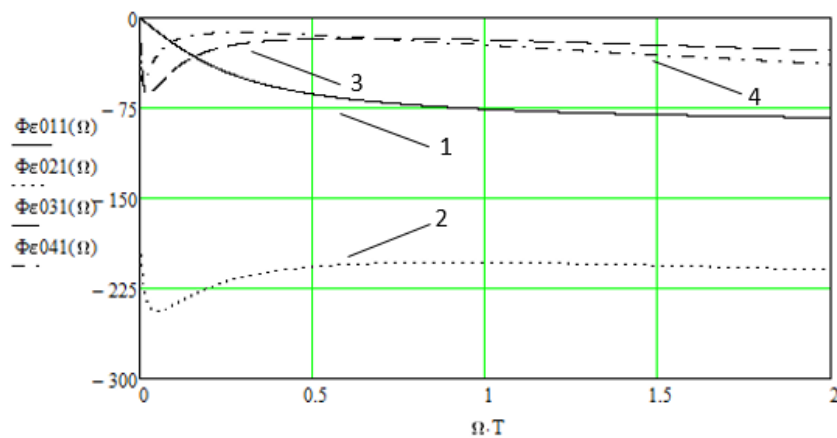
В работе построены графики для сочетаний четырех значений  $\tau$  и для двух вариантов инерционности тракта управления, тракта автокомпенсации и фильтра системы ФАПЧ: широкополосных фильтров и фильтров нижних частот порядка.

На рис. 1 представлены АЧХ и ФЧХ формирователя при воздействии возмущения на ОГ.

Исследования проводились для следующих значений параметров:  $N_y=40$  и  $T_y = 0$ ;  $T_y = 5T$ ;  $T_y = 10T$ ;  $T_y = 30$ .



а)



б)

Рис. 1. АЧХ (а) и ФЧХ (б) синтезатора частот при воздействии возмущения на ОГ при:  $N_y=40$  и  $T_y = 0$  (график 1);  $T_y = 5T$  (график 2);  $T_y = 10T$  (график 3);  $T_y = 30T$  (график 4).

Анализ подтвердил эффективность предложенных мер подавления фазовых помех, вызванных исследуемыми дестабилизирующими факторами.

Данная работа подготовлена при поддержке стипендии Президента Российской Федерации СП-4829.2021.3.