

## **Формирователь сигнала с управлением по информационному тракту**

О.Р. Кузичкин<sup>1</sup>, Г.С.Васильев<sup>1</sup>, Д.И.Суржик<sup>2</sup>, С.М. Харчук<sup>2</sup>, И.А.Курилов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный национальный исследовательский университет", E-mail: [vasilievgleb@yandex.ru](mailto:vasilievgleb@yandex.ru)

<sup>2</sup>Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых", E-mail: [arzerum@mail.ru](mailto:arzerum@mail.ru)

*Исследуется формирователь высокостабильных сигналов с компенсацией фазовых помех. Система компенсации помех реализует принцип управления фазой сигнала. Она включена в информационный тракт кольца фазовой автоподстройки частоты. Построена структурная модель и получены передаточные функции формирователя.*

*A highly stable signal generator with phase noise compensation is investigated. The noise compensation system implements the principle of signal phase control. It is included in the ring information path with phase synchronization. The structural model is constructed and transfer functions of the shaper are obtained.*

### **Введение**

Системы формирования сетки высокостабильных частот широко применяются в различных областях измерительной техники, в геомониторинге, в радиопередающих и радиоприемных устройствах, в радиотехнических системах.

Постоянно повышаются требования к качественным показателям данных систем и устройств. Важным качественным показателем систем и устройств формирования высокостабильного сигнала является низкий уровень помех выходного сигнала и особенно помех фазового характера. Для предотвращения появления подобных помех используются схмотехнические и конструктивные методы, выбор соответствующей элементной базы [1]. Исследования показали, что эффективное подавление фазовых помех обеспечивает применение методов автоматической компенсации. Методы основаны на выделении закона паразитного отклонения фазы и противофазном управлении фазовым сдвигом обрабатываемого сигнала [2,3].

### **Структурное моделирование формирователя**

Формирователь построен на основе системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) Для компенсации фазовых помех используется управляемый фазовращатель. Обработка сигнала осуществляется в информационном тракте. В качестве источника информационного сигнала о помехе используется фазовый детектор системы ФАПЧ.

Исследование проводится при воздействии эквивалентного мешающего возмущения на генератор опорного сигнала. С учетом малых помеховых воздействий проведена линеаризация устройства. На рис.1 представлена структурная модель формирователя сигнала с управлением по информационному тракту при воздействии дестабилизирующих факторов на генератор опорного сигнала.

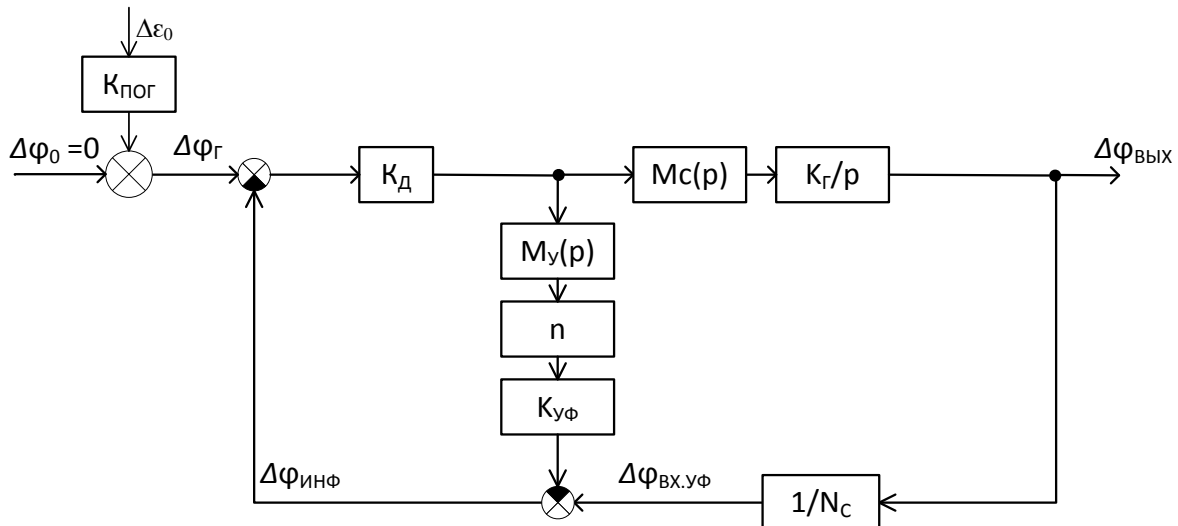


Рис.1. Структурная модель формирователя сигнала с управлением по информационному тракту при воздействии на генератор опорного сигнала

На модели обозначено:  $N_c$  - коэффициент передачи делителя частоты;  $K_{уф}$  - коэффициенты передачи управляемого фазовращателя,  $K_д$  - коэффициент передачи фазового детектора,  $K_Г/p$  - коэффициент передачи генератора, управляемого напряжением,  $p$  - оператор Лапласа;  $K_{пог}$  - весовой коэффициент преобразования воздействия в отклонение фазы выходного сигнала опорного генератора;  $M_с(p)$  и  $M_у(p)$  - коэффициенты передачи фильтров тракта системы ФАПЧ и управляющего тракта;  $n$  - коэффициенты передачи усилителя постоянного тока;  $\Delta\varphi_{ВЫХ}$  - отклонение фазы выходного сигнала формирователя;  $\Delta\varphi_{ИНФ}$  - отклонение фазы информационного тракта;  $\Delta\varphi_0$  - отклонение фазы выходного сигнала опорного генератора при отсутствии возмущений;  $\Delta\varphi_Г$  - отклонение фазы выходного сигнала опорного генератора при воздействии возмущений;  $\Delta\varphi_{ВХ.УФ}$  - отклонение фазы на входе управляемого фазовращателя;  $\Delta\varphi_{ИД}$  - информационный сигнал на выходе детектора фазовой автоподстройки;  $\Delta\varepsilon_0$  - возмущающее воздействие на опорный генератор.

С учетом модели (рис. 1) и принятых обозначений, уравнение для отклонения фазы выходного сигнала формирователя и уравнение для отклонения фазы выходного сигнала информационного тракта могут быть представлены в виде

$$\Delta\varphi_{ВЫХ} = (\varepsilon_{0Г} \cdot K_{пог} - \Delta\varphi_{ИНФ}) \cdot K_д \cdot M_с(p) \cdot \frac{K_Г}{p}, \quad (1)$$

и

$$\Delta\varphi_{ИНФ} = \frac{-\Delta\varepsilon_{0Г} \cdot K_{пог} \cdot K_д \cdot n \cdot K_{уф} \cdot M_у(p) + \Delta\varphi_{ВЫХ} \cdot \frac{1}{N_c}}{(1 + K_д \cdot n \cdot K_{уф} \cdot M_у(p))}. \quad (2)$$

Из выражений (1) и (2) получена передаточная функция формирователя для отклонения фазы сигнала на выходе устройства при воздействии возмущения на опорный генератор

$$H_{\Delta\varepsilon_0 \Delta\varphi_{ВЫХ}} = \frac{\Delta\varphi_{ВЫХ}}{\Delta\varepsilon_{0Г}} = \frac{K_{пог} \cdot K_д \cdot A}{1 + K_д \cdot B + \frac{1}{N_c} \cdot K_д \cdot A}, \quad (3)$$

где  $A = M_с(p) \cdot \frac{K_Г}{p}$ ,  
 $B = n \cdot K_{уф} \cdot M_у(p)$ .

В докладе так же построена модель, составлены уравнения и получена передаточная функция для воздействия мешающего возмущения на управляемый фазовращатель формирователя с управлением по информационному тракту.

Полученное выражение передаточной функции является обобщенным. Оно обеспечивает возможность исследовать устойчивость формирователя сигналов, его частотные и динамические характеристики при воздействии дестабилизирующих возмущений на опорный генератор формирователя. При этом типы используемых фильтра петли ФАПЧ, а так же фильтра управляющего тракта являются произвольными.

### **Выводы**

Получены обобщенные выражения передаточных функций формирователя высокостабильного сигнала с управлением по информационному тракту, позволяющие проводить комплексное исследование основных характеристик конкретного варианта построения формирователя с заданными типами фильтров и заданными значениями параметров составляющих звеньев.

### **Литература**

1. Шахтарин, Б.И. Синтезаторы частот: Учебное пособие / Б.И. Шахтарин. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 128 с.
2. Васильев Г.С., Суржик Д.И., Харчук С.М., Курилов И.А Шумовые свойства формирователя сигналов с автокомпенсацией фазовых помех. – Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2015. № 4 (20). С. 5-12.
3. Суржик Д. И., Курилов И. А., Васильев Г. С. Компенсация искажений ЦВС в гибридных синтезаторах частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. - 2015. – № 4(20). - С. 13-19.