

Исследование двухкольцевого формирователя сигналов на основе обобщенной схемы амплитудно-фазового преобразования сигналов

В работе [1] предложена схема формирователя сигналов на основе цифрового вычислительного синтезатора (ЦВС) и двухкольцевой системы импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАПЧ), сочетающая главные достоинства ЦВС (высокое разрешение по частоте и скорость перестройки частоты) и ИФАПЧ (высокая выходная частота, малое энергопотребление, малый уровень фазовых шумов). Качество спектра выходного колебания в существенной степени определяется свойствами (в частности, частотными) различных внешних и внутренних дестабилизирующих факторов, воздействующих на блоки устройства. Это определяет необходимость анализа частотных характеристик формирователя с различными характеристиками составляющих звеньев.

Анализ частотных свойств формирователя был выполнен на основе модуляционных характеристик устройства, рассчитанных как модуль и аргумент его передаточной функции. Выражение передаточной функции, определяющей частотные и динамические свойства формирователя, было получено для одной отдельно взятой схемы. Изменение конфигурации устройства и (или) характеристик его блоков при необходимости модернизации вынуждает повторное проведение всех этапов анализа, в том числе вывод выражения передаточной функции, что является неудобным.

Установлено, что анализ различных формирователей сигналов на основе обобщенной схемы амплитудно-фазового преобразователя (АФП) [2] позволяет избежать необходимости получать аналитические выражения для каждого нового устройства. Подстановка коэффициентов конкретного варианта формирователя в соответствующие выражения обобщенного АФП позволяет получить аналитические выражения характеристик конкретного радиотехнического устройства, либо непосредственно осуществить расчет численных значений исследуемых характеристик.

Схема синтезатора аппроксимирована эквивалентной схемой, состоящей из последовательно включенных схем обобщенного АФП.

На рис. 1 представлен вариант аппроксимации на уровне модели двухкольцевого формирователя сигналов. На рис. 1 приняты следующие обозначения: УУ – управляющее устройство, УТ- управляющий тракт, ВР – весовой распределитель, Д – детектор отклонения.

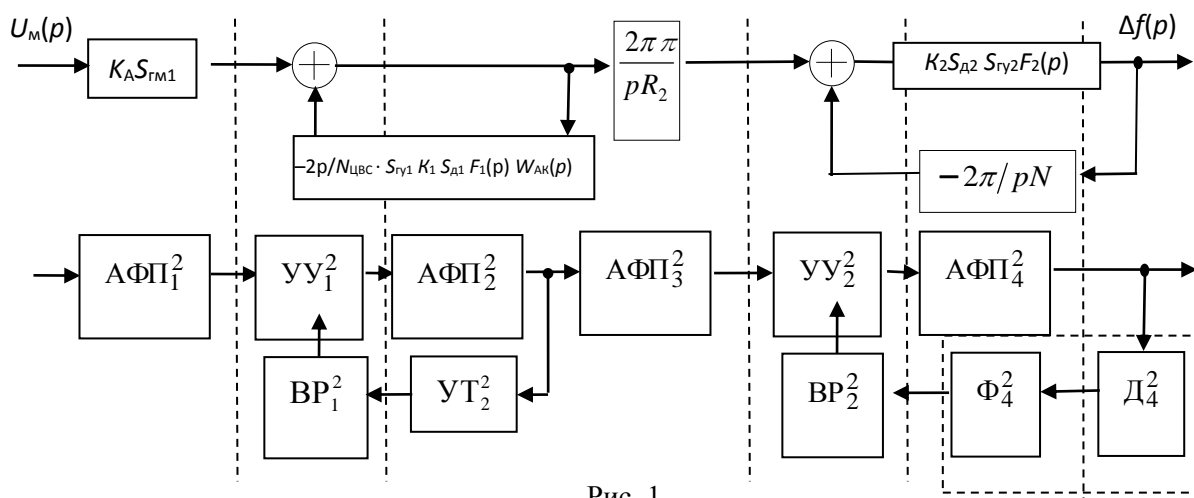


Рис. 1

параметра АФП (амплитуды или фазы), верхние индексы блоков обозначают номер уровня раскрытия АФП, нижние – номер блока. Передаточные функции блоков обозначены как АФП→

Секция 9. Методы и устройства повышения качества передачи информации

$\Pi, УУ \rightarrow K, ВР \rightarrow n, УТ \rightarrow W$. Верхние и нижние индексы функций соответствуют верхним и нижним индексам своих блоков

Кроме того, на рис. 1 обозначено K_A – коэффициент передачи управляемого аттенуатора, R_2 , N_2 – коэффициенты деления делителей с дробно-переменным коэффициентом деления, $N_{ЦВС}$ – коэффициент умножения тактовой частоты ЦВС, $S_{ГМ1}$, $S_{ГУ1}$, $S_{ГУ2}$ – крутизны управления по модулирующему и управляющим входам генераторов, управляемых напряжением, $F_1(p)$, $F_2(p)$ – передаточные функции фильтров нижних частот, K_1 , K_2 – коэффициенты усиления усилителей, $S_{д1}$, $S_{д2}$ – крутизны детекторных характеристик частотно-фазовых детекторов, $W_{AK}(p)$ – передаточная функция автокомпенсатора, S_M – крутизна модуляционной характеристики импульсно-фазового модулятора, $\Delta f(p)$ – функция отклонения частоты выходного сигнала, $U_m(p)$ – модулирующий сигнал.

В соответствии со схемой формирователя передаточные функции отдельных блоков обобщенной схемы:

$$\Pi_1^2 = K_A S_{ГМ1}, \quad K_1^2 = n_1^2 = \Pi_1^1 = K_2^2 = n_2^2 = 1,$$

$$W_2^2 = \frac{2\pi\pi}{pN_{ЦВС}} S_{ГУ1} K_1 S_{д1} F_1(p) W_{AK}(p), \quad \Pi_3^2 = \frac{2\pi}{pR_2}, \quad \Pi_4^2 = S_{ГУ2} K_2 S_{д2} F_2(p), \quad W_4^2 = \frac{2\pi\pi}{pN}$$

(значения остальных коэффициентов равно нулю).

Заменой в передаточной функции оператора p на jF , где F – частота модулирующего сигнала в Гц, и взятием модуля было получено выражение нормированной амплитудно-частотной модуляционной характеристики (АЧМХ) обобщенного АФП:

$$|\Pi_{\beta}^{\alpha-1}| = \sqrt{\frac{\left(\Pi_{2\beta-1R}^{\alpha} \Pi_{2\beta R}^{\alpha} - \Pi_{2\beta-1I}^{\alpha} \Pi_{2\beta I}^{\alpha} - n_{\beta e}^{\alpha} K_{\beta y}^{\alpha} W_{2\beta-1}^{\alpha}\right)^2 + \left(\Pi_{2\beta-1R}^{\alpha} \Pi_{2\beta I}^{\alpha} + \Pi_{2\beta-1I}^{\alpha} \Pi_{2\beta R}^{\alpha}\right)^2}{\left[1 + n_{\beta n}^{\alpha} K_{\beta y}^{\alpha} \left(\Pi_{2\beta R}^{\alpha} W_{2\beta R}^{\alpha} - \Pi_{2\beta I}^{\alpha} W_{2\beta I}^{\alpha}\right)\right]^2 + \left(n_{\beta n}^{\alpha} K_{\beta y}^{\alpha}\right)^2 \left(\Pi_{2\beta R}^{\alpha} W_{2\beta R}^{\alpha} + \Pi_{2\beta I}^{\alpha} W_{2\beta I}^{\alpha}\right)^2}}. \quad (1)$$

где α – уровень раскрытия АФП, β – номер блока, $\Pi_R = \Pi_R(\Omega) = \text{Re}[\Pi(j\Omega)]$, $\Pi_I = \Pi_I(\Omega) = \text{Im}[\Pi(j\Omega)]$. Соотношение (1) позволяет исследовать режим модуляции как двух-, так и многопетлевых схем синтезаторов при $\alpha, \beta > 2$.

Подстановкой передаточных функций блоков формирователя (рис. 1) в общее выражение АЧМХ (1) была получена модуляционная характеристика конкретного устройства. Результаты анализа формирователя на основе обобщенного АФП совпадают с полученными классическим способом в [1], что подтверждает правильность предложенного метода анализа различных устройств формирования сигналов.

Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 15-08-05542

Литература

1. Васильев Г.С., Курилов И.А. Разработка и исследование формирователя сигналов на основе цифрового вычислительного синтезатора и двухкольцевой системы ИФАПЧ / Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России. Регионы России 2016: VIII Всероссийские научные Зворыкинские чтения. Сб. тезисов докладов. Муром, 2016. - С.182-183.
2. Курилов И.А. Обобщенная схема амплитудно-фазового преобразования сигналов. – Радиотехника, 2006, №6.