

Исследование переходных процессов синтезатора частот с применением непрерывных кусочно-линейных функций для различных характеристик управляющего элемента.

И.А. Курилов, А.Ю. Юдаев

Муromский институт Владимирского государственного университета

602264, г Муrom, Владимирской обл., ул. Орловская, 23

E-mail: rt@mivlgu.ru

В данной работе исследуются динамические процессы в синтезаторе частот (СЧ), построенном на основе схемы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), включающем в себя генератор эталонной частоты (ЭГ), подстраиваемый генератор (ПГ), фазовый детектор (ФД) для сравнения разности фаз сигналов обоих генераторов, управляющий элемент (УЭ) для корректировки частоты подстраиваемого генератора, а также фильтр нижних частот (ФНЧ). В состав схемы синтезатора также входят делители частоты с фиксированным M (ДФКД) и переменным N коэффициентами деления (ДПКД). Синусоидальная характеристика ФД была аппроксимирована на основе непрерывных кусочно-линейных функций (НКЛФ) 8 отрезками прямых, с шагом $\pi/4$. Учитывая, что в схеме синтезатора частот нелинейным звеном является не только ФД, но и управляющий элемент, то анализ проводился для характеристики УЭ линейной формы (т.е. с постоянной крутизной характеристики), и характеристики, имеющей вид функции арктангенса. Эта характеристика также была аппроксимирована на основе НКЛФ.

Дифференциальное уравнение синтезатора частот при использовании пропорционально-интегрирующего фильтра имеет вид:

$$Tp^2\varphi + [1 + \Omega_y mTK_i]p\varphi + \Omega_y \sum_{i=1}^{I-1} (K_i\varphi + B_i)Q_i(\varphi) - \Omega_n = 0. \quad (1)$$

где i, I – текущий и максимальный номера узлов аппроксимации, K_i – крутизна рассматриваемого участка характеристики, B_i – коэффициенты аппроксимирующих прямых, $Q_i(\varphi)$ – включающая НКЛФ, принимающая значения 0 или 1, T – постоянная времени фильтра, m – параметр ПИФ, Ω_y – полоса удержания, $\Omega_n = \frac{N}{M} \omega_\varepsilon - \omega_{n2}$ – начальная расстройка (в разомкнутой схеме), ω_{n2} – угловая частота подстраиваемого генератора при разомкнутой цепи управления, ω_ε – угловая частота эталонного генератора.

Анализировался случай, когда после возмущения, разность фаз ЭГ и ПГ лежит в пределах второго линейно-аппроксимированного участка нормированной характеристики детектора. Тогда, при выполнении условия устойчивости синтезатора в «малом», и действительных корнях характеристического уравнения, соответствующего основному уравнению (1) $r_{1,2}$ график переходного процесса определяется суммой двух переходных процессов аperiodического характера, первый из которых соответствует установлению фазы на участке характеристики от величины $\varphi = \varphi_{нач}$ до значения разности фаз на стыке участков $\varphi_1 = \pi/4$, второй – от φ_1 до установившегося значения. При разности фаз на стыке участков φ_1 , происходит автоматическое переключение с

функции $Q_{n+1}(\varphi)$, на функцию $Q_n(\varphi)$, соответствующую следующему участку с иными начальными условиями (крутизной и начальной разностью фаз). При комплексно-сопряженных корнях $r_{1,2}$ переходной процесс носит колебательный характер и представляет собой затухающую косинусоидальную кривую с периодом $T_0 = (2T)/(1 + \Omega_y mTK_i)$.

Характеристики рис.1,3,5 соответствуют аperiodическому характеру процесса и $\varphi_{нач}=1,178$, а рис.2,4,6- колебательному процессу установления фазы и $\varphi_{нач}=0,785$. Графики 1,2 выполнены для линейной характеристики управляющего элемента, графики 3-6 – для арктангенциальной формы характеристики, но для различной величины крутизны характеристики УЭ и полосы удержания, и $\Omega_y=150$ (3-4) и $\Omega_y=50$ (5-6).

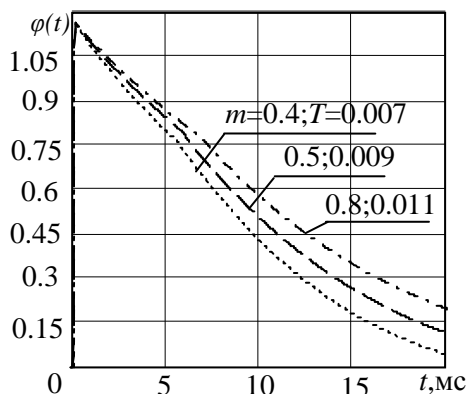


Рис.1

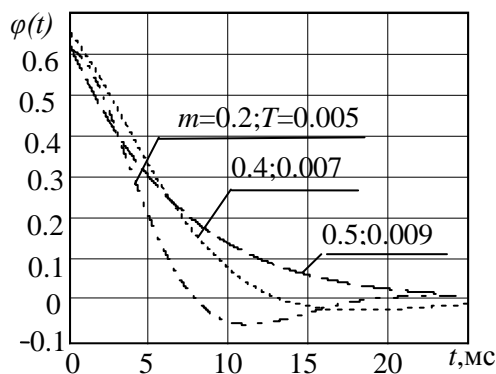


Рис.2

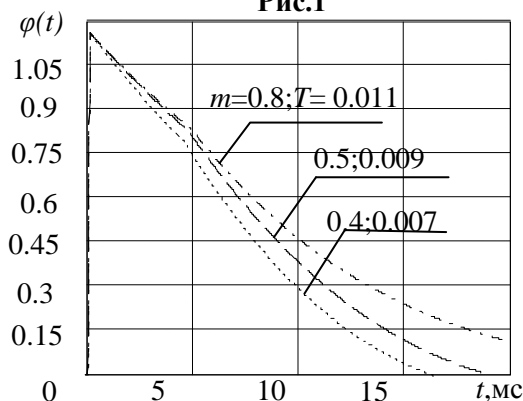


Рис.3

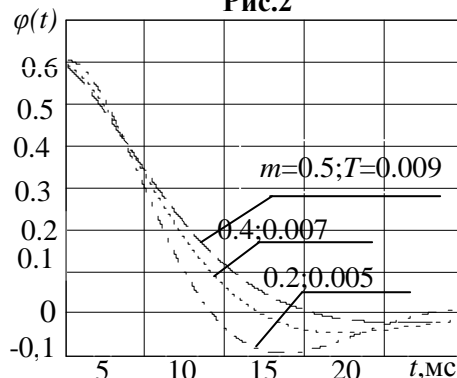


Рис.4

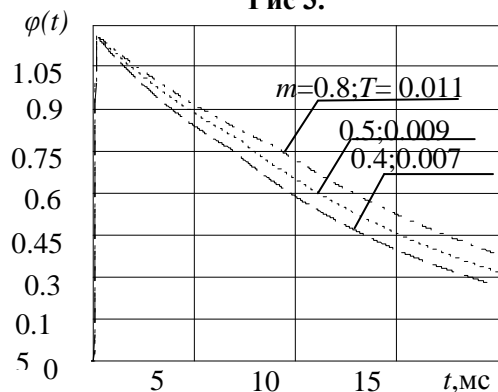


Рис.5

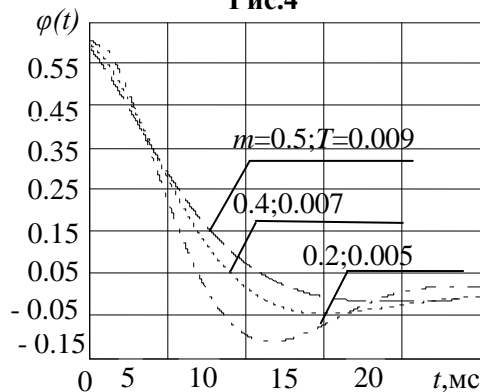


Рис.6

Из графиков следует, что при увеличении T и параметра m время переходного процесса возрастает. В моменты прохождения фазой границ участков аппроксимации, графики имеют излом, обусловленный нелинейностью характеристики ФД. Также, при сравнении графиков арктангенци-

альной характеристики управляющего элемента, видно, что при меньшей крутизне рабочего участка характеристики, а следовательно, и меньшем значении полосы удержания, время переходного процесса установления фазы увеличивается.