DOI: 10.17117/na.2015.08.843

Поступила (Received): 28.08.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.08.843.pdf>

Лернер И.М., Ильин Г.И., Царев Д.А., Хайруллин М.И. Уравнение для времени установления переходного процесса, вызванного скачком фазы на входе узкополосной линейной системы при наличии расстройки по частоте (Часть 1)

Lerner I.M., Iliin G.I., Tsarev D.A., Hairullin M.I.
The equation for transient settling time caused by the phase jump
on the input of detuned narrow-band linear system (Part 1)

Ключевые слова: время установления,
узкополосная линейная система, ФМн-п-сигнал

Key words: settling time, narrow-band linear
system, PSK

Лернер Илья Михайлович

Кандидат физико-математических наук, старший
научный сотрудник
Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева
г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Lerner Ilya Mikhailovich

Candidate of Physico-mathematical Sciences, Senior
Researcher
Kazan national research technical university named
A.N. Tupolev
Kazan, K. Marx st., 10

Ильин Герман Иванович

Доктор технических наук, заведующий кафедрой
Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева
г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Iliin German Ivanovich

Doctor of Engineering Sciences, Head of Department
Kazan national research technical university named
A.N. Tupolev
Kazan, K. Marx st., 10

Царев Дмитрий Александрович

Студент
Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева
г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Tsarev Dmitrii Aleksandrovich

Student
Kazan national research technical university named
A.N. Tupolev
Kazan, K. Marx st., 10

Хайруллин Марат Ильхамович

Студент
Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева
г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Hairullin Marat Ilkhamovich

Student
Kazan national research technical university named
A.N. Tupolev
Kazan, K. Marx st., 10

Радиотехнические средства (РТС) различного назначения в большинстве своих случаях применяют многопозиционные фазоманипулированные сигналы с п-дискретными состояниями (ФМн-п-сигналы) [1]. К таким системам относятся: радиолокационные системы, системы спутниковой навигации, систе-

мы передачи информации. Эти радиотехнические системы в большинстве случаев содержат узкополосные линейные системы (УЛС) в своих радиочастотных трактах, что несомненно влияет на обработку сигналов.

Для достижения максимально близкой скорости к пропускной способности в системах, их работа должна осуществляться при переходных процессах [2]. Наличие расстройки по частоте, при работе с переходными процессами приводит к дополнительным искажениям сигнала [3], проходящего через УЛС, что сказывается на помехоустойчивости РТС.

Достаточно полный анализ переходного процесса при расстройке по частоте при скачках амплитуды и фазы гармонического колебания был проведен в работе [3]. Однако, для построения реальных фазовых РТС, использующих современные цифровые методы обработки, необходимо решить обратную задачу: когда при неизвестной величине и знаке расстройки по частоте, заданной конструкции сигнальных созвездий необходимо определить значение передаваемого информационного символа по анализу искаженного принимаемого ФМн-п-сигнала. На данный момент данная задача не решена.

Решение данной задачи, связано с получением уравнения, решение которого позволит определить время достижения медленно меняющейся фазы определенного значения при заданном скачке фазы и расстройке по частоте для класса УЛС и наоборот: определить величину расстройки, её знак и значение скачка фазы, а также выявить общие свойства для класса УЛС. В первой части работы было получено такое уравнение.

Постановка данной задачи сводится к следующему: до момента скачка фазы ($t=0$) на входе колебательной линейной системы, находящейся в стационарном режиме, являющейся узкополосной ($Q > 15$), с резонансной частотой (среднегеометрической – для полосового фильтра) ω_0 , действует гармоническое колебание $\exp[j((\omega_0 \pm \Delta\omega)t - \theta + \xi_{ном})]$ с постоянным фазовым сдвигом $\xi_{ном}$ и частотой, $\omega_0 \pm \Delta\omega$ где знак «+» указывает на положительную расстройку, а «-» – на отрицательную; АЧХ и ФЧХ УЛС обладают симметрией относительно ω_0 .

В момент времени $t = 0$ фаза гармонического колебания $\exp[j((\omega_0 \pm \Delta\omega)t - \theta + \xi_{ном})]$ скачком изменяется на 2θ от $-\theta$ к $+\theta$, частота и амплитуда входного сигнала в течении переходного процесса поддерживается постоянной.

В этом случае медленно меняющаяся фаза согласно [3] определяется следующим образом

$$\psi_{\pm}(t) = \frac{-\sin\theta + 2 \operatorname{Re} \dot{B}_0(j\Delta\omega, t) \sin\theta}{\cos\theta \mp 2 \operatorname{Im} \dot{B}_0(j\Delta\omega, t) \cos\theta} \quad (1)$$

Здесь и далее $\Delta\omega > 0$; верхний знак берется для положительной, а нижний для отрицательной расстройки; $\operatorname{Re} \dot{B}_0(j\Delta\omega, t)$ и $\operatorname{Im} \dot{B}_0(j\Delta\omega, t)$ – действительная и мнимая составляющие функции установления $\dot{B}_0(j\Delta\omega, t)$, определяемые согласно работе [4];

Необходимо определить время t_n , когда для медленно меняющейся фазы выполняется условие $\psi_{\pm}(t_n) = \theta - \alpha$, где α – значение, на которое отличается медленноменяющаяся фаза $\psi_{\pm}(t_n)$ от стационарного значения $+\theta$ в момент времени t_n .

Используя выражение (1), учитывая частные решения функции установления $\dot{B}_0(j\Delta\omega, t)$ для УЛС, приведенные в работе [4], получено уравнение, которое позволяет определить момент времени, когда медленно меняющаяся фаза $\psi_{\pm}(t_n) = \theta - \alpha$

$$1 - \frac{\sin \alpha}{2 \sin \theta} = z_k(\Delta\omega, t_n, \pm(\theta - \alpha)), \quad (2)$$

где функция $z_k(\Delta\omega, t, \pm(\theta - \alpha))$ – есть модифицированная функция $\operatorname{Re} \dot{B}_0(j\Delta\omega, t)$, в которой производится замена тригонометрических множителей, содержащих $\Delta\omega t$ на $\Delta\omega t \pm (\theta - \alpha)$.

Список используемых источников:

1. Худяков Г.И. Оценка пропускной способности каналов авиационной цифровой электросвязи // Электросвязь. 2009. № 5. С. 37-38.
2. Золотарев И.Д., Миллер Я.Э. Переходные процессы в колебательных системах и цепях. М.: Радиотехника, 2010. 304 с.
3. Лернер И.М., Ильин Г.И. Анализ переходного процесса, вызванного скачком амплитуды и фазы радиоимпульса на входе узкополосной линейной системы // Радиотехника и электроника, 2012. Т. 57. №2. С. 192-206.
4. Евтянов С.И. Переходные процессы в приемно-усилительных схемах. М.: Связьиздат, 1948. 221 с.

© 2015, Лернер И.М., Ильин Г.И., Царев Д.А.,
Хайруллин М.И.

Уравнение для времени установления переходного процесса, вызванного скачком фазы на входе узкополосной линейной системы при наличии расстройки по частоте (Часть 1)

© 2015, Lerner I.M., Iliin G.I., Tsarev D.A.,
Hairullin M.I.

The equation for transient settling time caused by the phase jump on the input of detuned narrow-band linear system (Part 1)