

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ СИСТЕМ ФАЗОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

Шилин Л. Ю., Кукин Д. П.

Факультет информационных технологий и управления, Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: kukin@bsuir.by

В докладе рассмотрены вопросы параметрического проектирования импульсных систем фазовой синхронизации, предложен обобщенный метод синтеза указанных систем на основе построения областей захвата и удержания, затронуты вопросы построения универсальной математической модели рассмотренного класса устройств.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широкое распространение получили импульсные системы фазовой синхронизации (ИСФС). Это системы высокочастотной и тактовой синхронизации, формирующие опорные колебания на приемной стороне непосредственно по принимаемому сигналу, а также синтезаторы частот, осуществляющие формирование сетки высокостабильных колебаний задающих генераторов. Подобные системы применяются в радиопередающей и радиоприемной аппаратуре при демодуляции сигналов, в системах синхронизации при передаче дискретных сообщений, в доплеровских измерительных системах [1, 2].

ПРИНЦИПЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИСФС

Одной из важнейших задач проектирования ИСФС является определение полос захвата и удержания. В настоящее время существуют аналитические, машинно-ориентированные и экспериментальные методы определения полос захвата и удержания [1]. Авторами предложена эффективная методика расчета ПЗ систем произвольного порядка, базирующаяся на универсальной цифровой модели ИСФС. Точность и эффективность предложенного метода определяются характеристиками математической модели рас-

чета переходных процессов в ИСФС. В основе предложенного метода лежат известные методы математического моделирования ИСФС [3, 4, 5], которые дополнены и модифицированы для создания универсальной цифровой модели анализа полос захвата и удержания ИСФС. В ходе анализа разнообразных структурных схем ИСФС авторами были выделены наиболее общие принципы построения этого класса устройств [6, 7] и получена обобщенная структурная схема, которая приведена на рисунке 1. На рисунке 1 введены следующие обозначения: ИФД – импульсно-фазовый детектор; НЛЧ – непрерывная линейная часть; ОУ – объект управления; ОС – цепь обратной связи; $y(t)$ – входной сигнал; $u(t)$ – сигнал обратной связи; $\epsilon(t)$ – сигнал рассогласования; $e(t)$ – управляющий сигнал; $z(t)$ – выходной сигнал ОУ; $g(t)$ – постоянная составляющая ОУ; $\omega(t)$ – выходной сигнал системы. В представленной выше структурной схеме в качестве ИФД могут быть использованы разнообразные импульсные (в том числе и цифровые) устройства с широким спектром дискриминационных характеристик [8]. НЛЧ включает звенья коррекции и фильтрации [9]. ОУ представляет собой существенно нелинейный элемент, как правило, это синхронизатор, двигатель, управляемый напряжением генератор либо фазовозвращатель [10].

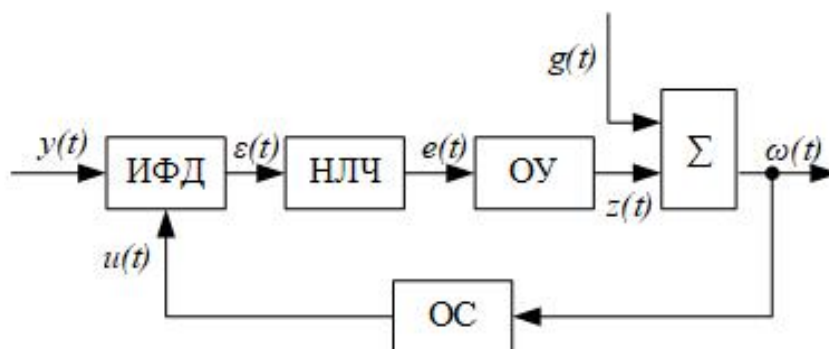


Рис. 1 – Пример конвейера обработки данных с последовательными блоками

Авторами получено следующее уравнение замкнутой системы:

$$\int_{nT+\tau_n}^{nT+kT+\tau_n+k} \omega(t)dt = 2\pi j N_D, \quad (1)$$

где N_D – коэффициент деления цепи ОС; k – количество импульсов входного сигнала за время τ_n ; j – количество импульсов на выходе ОС за время $t \in [nT + \tau_n; nT + kT + \tau_n]$. Величина j определяется из соотношения:

$$j = \text{int}[\phi_n/2\pi] + 1, \quad (2)$$

где ϕ_n – набег фазы сигнала $u(t)$ на интервале времени $t \in [nT + \tau_n; nT + kT]$:

$$\phi_n = \frac{1}{N_D} \int_{nT+\tau_n}^{nT+kT} \omega(t)dt, \quad (3)$$

Величина k определяется из соотношения:

$$k = \text{int}[\tau_n/T] + 1. \quad (4)$$

Выходной сигнал системы $\omega(t)$:

$$\omega(t) = z(t) + g(t) = M(e(t)) + g(t), \quad (5)$$

где $M(e(t))$ – модуляционная характеристика объекта управления. Установившийся режим работы системы характеризуется постоянством координаты x_{n+1} , неизменностью длительности импульсов τ_{n+1} , набега фазы ϕ_{n+1} и др.:

$$z_{n+1} = z_n = z^*;$$

$$x_{n+1} = x_n = x^*;$$

$$\tau_{n+1} = \tau_n = \tau^*;$$

$$\phi_{n+1} = \phi_n = \phi^*;$$

Такое математическое описание ИСФС позволяет осуществить программное моделирование переходных процессов во всех сложных режимах работы систем, что открывает возможность проведения расчета полос захвата и удержания. Важнейшей проблемой является задача определения сходимости переходного процесса. Авторами предложена методика программного анализа сходимости динамического процесса, учитывающая особенности процессов в ИСФС. С помощью предложенной методики авторами получены зависимости полос захвата и удержания от значенных параметров системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, авторами предложена методика, позволяющая производить параметрическое проектирование ИСФС основываясь на анализе полос захвата полученной путем программного моделирования. В основе метода лежит разработанный принцип математического описания ИСФС, характеризующийся применением совокупности как имитационного, так и аналитического подхода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шалфеев В. Д. Нелинейная динамика систем фазовой синхронизации. / В. Д. Шалфеев, В. В. Матросов // 2013. – 366 с.
2. Леонов Г. А. Системы фазовой синхронизации в аналоговой и цифровой схемотехнике. / Г. А. Леонов, С. М. Селеджи // Невский Диалект 2003. – 112 с.
3. Батура М. П. Принципы построения программных систем фазовой синхронизации. / М. П. Батура и др. // Информационные технологии и системы 2014 (ИТС 2014) : материалы международной научной конференции, БГУИР, Минск, Беларусь, 29 октября 2014 г. – Information Technologies and Systems 2014 (ITS 2014) : Proceeding of The International Conference, BSUIR, Minsk, 29th October 2014 / редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2014. – С. 20-21.
4. Батура М. П. Принципы математического описания систем фазовой синхронизации. // Международная научно-техническая конференция, приуроченная к 50-летию МРТИ-БГУИР (Минск, 18-19 марта 2014 года) : материалы конф. В 2 ч. Ч. 1. – Минск, 2014. – С. 448-449.
5. Кукин Д. П. Моделирование цифровых устройств фазовой синхронизации / Доклады БГУИР – 2010. – №5 (76).
6. Кукин Д. П. Синтез цифровых устройств фазовой синхронизации с учетом требований по устойчивости быстрдействию и точности / Информационные технологии и системы 2011: материалы международной научной конференции. БГУИР, Минск, 2011.
7. Кукин Д. П. Автоматизированное проектирование цифровых устройств фазовой синхронизации / Материалы международной конференции ИТС 2013, БГУИР МИНСК, 2013 // Д. П. Кукин, Д. Л. Шилин.
8. Принципы построения математических моделей систем фазовой синхронизации / М. П. Батура [и др.] // Доклады БГУИР. – 2014. – № 2 (80). – С. 177-185.
9. Батура М. П. Анализ сложных режимов работы устройств фазовой синхронизации / М. П. Батура и другие // Информационные технологии и системы 2013 (ИТС 2013) : материалы международной научной конференции, БГУИР, Минск, Беларусь, 23 октября 2013 г. – Information Technologies and Systems 2013 (ITS 2013) : Proceeding of The International Conference, BSUIR, Minsk, 24th October 2013 / редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2013. – С. 20–21.
10. Шилин Д. Л. Статистическая динамика импульсных систем фазовой синхронизации / Д. Л. Шилин, Л. Ю. Шилин // Доклады БГУИР. – 2009. – № 8 (46). – С. 40-44.