

# Синтез цифровых устройств фазовой синхронизации с учетом требований по устойчивости, быстродействию и точности

Кукин Д.П.

Кафедра ТОЭ, ФИТиУ

БГУИР

Минск, Республике Беларусь

e-mail: kukin@bsuir.by

**Аннотация** — Рассмотрены особенности синтеза цифровых устройств фазовой синхронизации. Приведен один из методов параметрического синтеза подобных автоматических систем учитывающий требования по устойчивости, быстродействию и точности. Проиллюстрирован процесс выбора параметров составных блоков устройства.

**Ключевые слова:** цифровые устройства; фазовая синхронизация; параметрический синтез; устойчивость; быстродействие; точность.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Устройства фазовой синхронизации нашли в настоящее время широкое применение во многих областях радиотехники. Примером могут служить современные цифровые радиоприемные системы, в которых с помощью устройств фазовой синхронизации решается целый ряд задач. Путем оптимизации структуры колец, типов входящих в них узлов, и, в первую очередь, фильтров цепи управления можно создавать варианты систем, обладающие требуемыми характеристиками по точности работы, быстродействию, помехоустойчивости для различных типов входных сигналов и законов модуляции. За счет усложнения алгоритмов и реализующих их устройств появляется возможность создавать гибкие алгоритмы обработки информации, оптимизации различных параметров и характеристик. Таким образом, можно утверждать, что задача повышения эффективности существующих и вновь созданных типов устройств на основе цифровых устройств фазовой синхронизации достаточно актуальна. С другой стороны решение этой проблемы неразрывно связано с анализом нелинейных режимов систем, при котором учитываются не только нелинейные свойства фазового детектора, но и других узлов.

## II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СИНТЕЗА ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ ФАЗОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

Параметрический синтез цифровых устройств фазовой синхронизации (ЦУФС) является сложной и разноплановой задачей, решение которой предполагает удовлетворение ряда зачастую противоречивых требований, таких, как точность, устойчивость, быстродействие и др. [1, 2].

Ниже описан общий случай алгоритма параметрического синтеза ЦУФС, являющийся наиболее эффективным для рассматриваемого класса устройств [3].

Этапы параметрического синтеза включают:

- этап «Выбор структурной схемы» представляет собой выбор структуры синтезируемого устройства. Этот выбор в значительной степени влияет как на общие принципы и подходы определения характеристик составных блоков, так и на область применения конкретной ЦУФС [4]. Следовательно, исходной информацией для реализации этого этапа

является целевое назначение синтезируемой ЦУФС и заданная область применения устройства. Результатом выполнения этого этапа должно быть определение структуры устройства и функционального назначения его составных блоков;

- этап «Выбор дискриминационной характеристики» включает выбор наиболее выгодного алгоритма функционирования фазового дискриминатора [5]. На этом этапе осуществляется корректировка алгоритма функционирования устройства;

- этап «Определение алгоритма управления объектом управления» состоит в определении последовательности действий выполняемых управляющим устройством (УУ) с целью обеспечения наилучших характеристик переходного процесса в системе, в первую очередь за счет формирования определенного характера управляющего сигнала, воздействующего на объект управления (ОУ). На этом этапе осуществляется окончательное формирование алгоритма функционирования синтезируемой системы;

- этап «Определение параметров составных блоков устройства» предполагает, прежде всего, построение допустимых областей искомых параметров устройства [6]. Предлагается реализовывать данный этап следующим образом:

- а) исходя из соображений устойчивости, производится сужение пространства допустимых параметров звеньев системы. Для этого необходимо и достаточно применить метод исследования устойчивости ЦУФС, предложенный в [6]. В результате производится построение предварительных областей устойчивости синтезируемой системы;

- б) полученный в предыдущем пункте результат требует последующего уточнения, которое предлагается осуществлять согласно методу исследования устойчивости ЦУФС «в большом», предполагающему имитационное моделирование ЦУФС с параметрами, принадлежащими областям, полученным ранее. В результате моделирования получаем область параметров разрабатываемого устройства, для которых переходный процесс в системе будет сходящимся. Таким образом, уточняются полученные в первом пункте области устойчивости системы.

Кроме этого, на данном этапе необходимо учесть требования, предъявляемые к качественным характеристикам переходного процесса. Параметры составных блоков системы в значительной степени определяются их функциональным назначением. Результатом выполнения данного этапа является выбор параметров составных блоков таким образом, чтобы синтезируемая система максимально удовлетворяла требованиям технического задания;

- этап «Схемотехническая реализация устройства» включает построение принципиальной электрической схемы ЦУФС по известной структуре и

параметрам составных блоков устройства. Кроме этого, рассматриваемый этап предполагает выбор элементной базы используемой при реализации синтезируемого устройства. Вопрос схемотехнической реализации отдельных звеньев автоматических систем по их передаточным функциям всесторонне освещен в литературе, например [7];

- условие «Доступны не использованные ранее параметры» необходимо для проверки наличия комбинаций параметров ЦУФС не использованных на предыдущих шагах алгоритма. В случае отсутствия таких комбинаций предполагается возврат к более раннему этапу синтеза;

- условие «ТЗ реализуемо» предполагает проверку возможности реализации требования приведенных в ТЗ при выбранном наборе параметров.

- условие «ТЗ реализовано» предполагает определение соответствия полученной в результате процесса синтеза системы требованиям ТЗ.

Разработанный алгоритм определения параметров составных блоков синтезируемого устройства предполагает построение областей качества в параметрах проектируемой системы. Предполагается производить построение следующих семейств областей: областей качества по быстродействию, характеризующих длительность переходного процесса, получаемых в ходе анализа устойчивости средствами имитационного моделирования; областей качества по точности, отражающих результат построения аналитическим способом диаграмм качества. Более подробно последовательность построения диаграмм качества рассмотрена в предыдущих публикациях автора [6, 8]. Совмещение полученных областей

качества дает возможность осуществлять выбор параметров синтезируемого устройства, как с точки зрения быстродействия, так и точности.

### III. ВЫВОД

В докладе предложен способ параметрического синтеза цифровых устройств фазовой синхронизации, учитывающий требования по устойчивости, быстродействию и точности. Предложен способ выбора параметров составных блоков устройства, основанный на разработанных методиках анализа различных характеристик, которые подробно рассмотрены в более ранних публикациях.

[1] А.Г. Александров. Оптимальные и адаптивные системы. М.: Высш. шк., 1989, 263 с.

[2] А.Д. Горбачев. Современные методы синтеза систем управления. Текст лекций. Минск, БГУИР, 1994, 180 с.

[3] В.А. Подчукаев. Быстрые алгоритмы совмещенного синтеза систем управления. Изв. вузов. Приборостроение, 1991, Т.34, № 8, с.23–43.

[4] В.А. Бесекерский. Динамический синтез систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1970, 576 с.: ил.

[5] П.Д. Крутько, Г.А. Чхеидзе. Синтез алгоритмов управления следящих систем высокой динамической точности. Изв. Рос. АН. Техническая кибернетика, 1992, №2, с.3 – 19.

[6] Д.П. Кукин, А.А. Дерюшев. Исследование устойчивости цифровых систем фазовой синхронизации. Известия Белорусской инженерной академии. 2005, № 2(20)/1, с. 108–111.

[7] М.И. Богданович, И.Н. Грель, В.А. Прохоренко, В.В. Шалимо. Цифровые интегральные микросхемы: Справ. Мн.: Беларусь, 1991. 493 с.

[8] Д.П. Кукин, Д.С. Олиферович, П.А. Мигутский. Элементы синтеза цифровых систем фазовой синхронизации. Инженерный вестник. 2006, № 1 (21)/2, с. 7577.