

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММ КАЧЕСТВА ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ С ФАЗОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Кукин Д. П., Пригара В. Н., Свито И. Л.

Кафедра теоретических основ электротехники, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: {kukin, prigara, svito}@bsuir.by

Рассмотрены принципы функционирования цифровых устройств с фазовым управлением. Предложен метод выбора параметров системы на основании требований точности, включающий построение диаграмм качества и учитывающий разнообразные виды нелинейности характеристик составных блоков.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время устройства с фазовым управлением нашли широкое применение во многих областях радиотехники, например, в системах радиопередачи, радионавигации, радиоизмерения и т.д. Как правило, упомянутые выше устройства базируются на цифровых системах фазовой синхронизации, которые применяются для частотной модуляции и демодуляции, умножения и преобразования частоты, частотной фильтрации, синхронизации и демодуляции поднесущих и модулирующих колебаний, синхронизации и демодуляции бинарных символов цифровых данных, выделения опорного колебания для когерентного детектирования и в других целях. Путем оптимизации структуры колец, типов входящих в них узлов, и цепи управления можно создавать устройства, обладающие требуемыми характеристиками по точности работы, быстродействию, помехоустойчивости для различных типов входных сигналов и законов модуляции.

I. ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ЦУФС НА ОСНОВАНИИ ТРЕБОВАНИЙ ПО ТОЧНОСТИ

В общем случае структурная схема ЦУФС имеет вид, приведенный на рисунке 1. ЦУФС сравнивает фазы входного и опорного сигналов и выводит сигнал ошибки, соответствующий разности между этими фазами. Сигнал ошибки проходит далее через фильтр низких частот и используется в качестве привода для объекта управления (ОУ), обеспечивающего отрицательную обратную связь. Если выходная частота отклоняется от опорной, то сигнал ошибки увеличивается, воздействуя на ОУ в сторону уменьшения ошибки. В состоянии равновесия выходной сигнал фиксируется на частоте опорного.

Рассмотрим назначение отдельных элементов ЦУФС более подробно. На вход ЦУФС поступают синхроимпульсы СИ, например в виде последовательности коротких импульсов. На второй вход ФД с выхода контура управления по средствам ОС подаются колебания от ОУ.

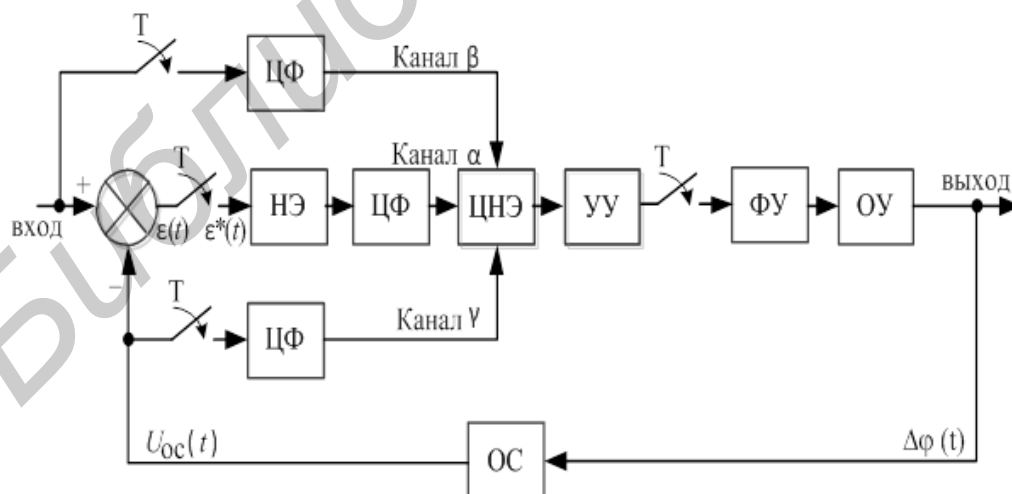


Рис. 1 – Структурная схема ЦУФС; ФД -- фазовый дискриминатор; НЭ -- нелинейный элемент; ЦФ -- цифровой фильтр; ЦНЭ -- цифровой нелинейный элемент; УУ -- устройство управления; ФУ -- формирующее устройство; ОУ -- объект управления; ОС -- обратная связь; T -- период дискретизации

ФД сравнивает фазы СИ и $U_{OC}(t)$, и на его выходе в соответствии с дискриминационной характеристикой, формируемой взаимодействием НЭ и ЦНЭ, образуется последовательность импульсов, представляющих собой двоичный код которому соответствует величина пропорциональная разности фаз СИ и колебаниям ОУ. В качестве ЦФ используется пропорционально-интегрирующий фильтр первого или второго порядка. Он преобразует сигнал ошибки к форме необходимой для работы ЦНЭ. Этот фильтр эквивалентен параллельному соединению пропорционального и дискретного интегрирующего звеньев с соответствующими коэффициентами передачи. В приведенной схеме канал α предназначен непосредственно для выявления фазового рассогласования сравниваемых сигналов, в то время как каналы β и γ используются в рамках определения частот упомянутых колебаний. Двоичный код с выхода ФД, содержащий информацию о выявленном фазовом рассогласовании, поступает на вход УУ, обеспечивающего требуемое качество работы ЦУФС (динамику работы). ФУ осуществляет восстановление непрерывного сигнала из цифрового кода сформированного УУ на основании выявленного фазового рассогласования в соответствии с заложенным алгоритмом управления.

Частота дискретизации сигналов в ЦУФС, является одним из основных факторов, влияющих на точность подстройки устройства [1]. Таким образом, оценка влияния выбора периода дискретизации, а как следствие, и выработка методики определения этого параметра является важной задачей синтеза подобных устройств [2], кроме этого она послужит хорошим примером, иллюстрирующим предлагаемую методику построения диаграмм качества по точности.

II. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для оценки влияния периода дискретизации на качественные характеристики ЦУФС воспользуемся приближенной методикой, предложенной в [1].

Для анализа качества предлагается использовать несколько упрощенный вариант структурной схемы ЦУФС, учитывающий две наиболее характерные нелинейные характеристики системы: дискриминационную характеристику ФД $F_1(e, T_{in})$; нелинейность объекта управления $F_2(u)$. При этом e — ошибка слежения системы; T_{in} — период входного колебания устройства; u — управляющий сигнал, непосредственно воздействующий на ОУ.

В общем случае дифференциальное уравнение колебательного переходного процесса имеет вид:

$$Q(p) \cdot x' + R(p) \cdot F(x', p \cdot x') = 0.$$

После гармонической линеаризации получаем:

$$Q(p) \cdot x' + R(p) \cdot (q + q' \cdot \frac{p-\zeta}{\omega}) \cdot x' = 0.$$

Колебательный процесс в нелинейной системе определяется медленно меняющимися значениями ζ и ω , которые можно находить путем определения пары комплексных корней $z = \zeta \pm j \omega$ характеристического уравнения гармонически линеаризованной системы [2].

Таким образом, характеристическое уравнение системы будет иметь вид:

$$(z^2 - (e^{-\frac{T_d}{T}} + 1) \cdot z + e^{-\frac{T_d}{T}}) + k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot q_{fd} \cdot q_{ou} \cdot (1 - e^{-\frac{T_d}{T}}) \cdot [(k_7 \cdot F_p + k_6) \cdot z - k_6] = 0.$$

Далее применяем w -преобразование. В данном случае комплексные корни будем находить в следующем виде:

$$w = \zeta + j\lambda \frac{T_d}{2};$$

В результате получаем искомое выражение, характеризующее качество ЦУФС относительно периода дискретизации T_d :

$$T_d = -\ln \left[\frac{-1 - 3\zeta}{\zeta \cdot (k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot q_1 \cdot q_2 \cdot (k_7 \cdot F_p + k_6) + 1)} + 1 \right] \cdot T.$$

Кроме этого, получаем выражение, характеризующее качество устройства относительно коэффициентов усиления АЦП и ЦАП (величины элементарных ступенек) k_1 :

$$T_d = \frac{2 + e^{-\frac{T_d}{T}} + \frac{1}{\zeta}}{k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot q_1 \cdot q_2 \cdot (1 - e^{-\frac{T_d}{T}}) \cdot (k_7 \cdot F_p + k_6)}$$

По полученным выражениям при параметрическом синтезе ЦУФС достаточно легко построить диаграммы качества

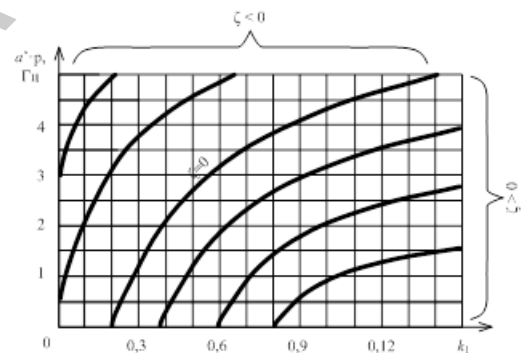


Рис. 2 – Пример диаграммы качества ЦУФС

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен способ построения диаграмм качества ЦУФС по точности для разных структурных схем. Описанный метод может служить источником информации при автоматизированном построении областей качества синтезируемого устройства, что позволит значительно упростить учет разнообразных факторов и требований при его разработке.

1. Бесекиерский, В. А. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекиерский, Е. В. Попов. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Изд-во «Профессия», 2003. – 752 с.
2. Васильев, Ф. П. Методы оптимизации / Ф. П. Васильев. – Факториал Пресс, 2002. – 824 с.