

ИНФОРМАЦИОННО-ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОДНОКОНТУРНЫХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Д.С. Пак, V курс, Институт информатики, инноваций и бизнес систем ВГУЭС
В.П. Кривошеев – руководитель проекта, профессор кафедры ИСПИ ВГУЭС

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
Владивосток

Особенности цифровых систем управления

В наше время цифровые системы автоматического управления получают всё более широкое распространение. Преимущества применения ЦСУ состоят в повышенной точности контроля параметров, обеспечении возможности усложнения законов управления по сравнению с типовыми, изменении стратегии управления и ее оперативной реализации на объекте (изменение структуры системы, сокращение работ на стадии синтеза и эксплуатации ЦСУ, упрощение реализации управляющих алгоритмов). Так же важным преимуществом цифровых систем является то, что усложнение управляющего алгоритма, реализуемого с помощью средств вычислительной техники, практически не влияет на надежность контура управления, тогда как увеличение числа аналоговых блоков в контуре, адекватно соответствующее такому усложнению, существенно снижает надежность его функционирования.

Постановка задачи параметрического синтеза одноконтурной ЦСУ

ЦСУ в отличие от аналоговых систем могут работать с различной степенью дискретизации, что существенным образом влияет на качество управления.

Ряд необходимых условий создания эффективных ЦСУ включает в себя комплексный методологический подход к их синтезу. Единая методология должна определить научные основы синтеза рациональных сочетаний классических и новых подходов к цифровому управлению объектами.

Одной из основных задач возникающих как при разработке, так и при эксплуатации ЦСУ является нахождение наилучших (в смысле выбранных критериев) способов управления, обеспечивающих сохранение значений переменных процесса близкими к заданным вне зависимости от возмущений и колебаний в его динамике. Для получения наилучшего качества процессов управления параметры должны выбираться с учетом характеристик объекта. Расчет этих параметров может осуществляться различными методами:

- а) аналитическое решение;
- б) оптимизация настроек по выбранному критерию с использованием численных методов;
- в) с использованием алгоритмов, позволяющих получить параметры близкие к оптимальным по оценкам переходных процессов;
- г) путем последовательного увеличения значений от малых начальных до тех пор, пока процесс не приобретет значительной колебательности.

Алгоритмы в) и г) используются, если к системе управления не предъявляются жесткие требования, а переходные процессы просты и малоинерционны. В противном случае следует применять методы а) и б).

Аналитическое решение возможно лишь для объектов и регуляторов низкого порядка при известных оценках параметров полиномов объекта.

Выбор оптимального шага квантования T_0

Особенностью цифровых систем является наличие квантованных сигналов. Квантование может проводиться по уровню сигналов и по времени. Наиболее распространенным является квантование по времени. Поэтому в отличие от непрерывных

в цифровых системах управления всегда присутствует важный параметр - длительность такта квантования сигналов. Определение оптимального (рационального) такта квантования такая же важная задача при синтезе системы цифрового управления, как и расчет настроек регуляторов, т.к. его величина влияет на качество работы системы.

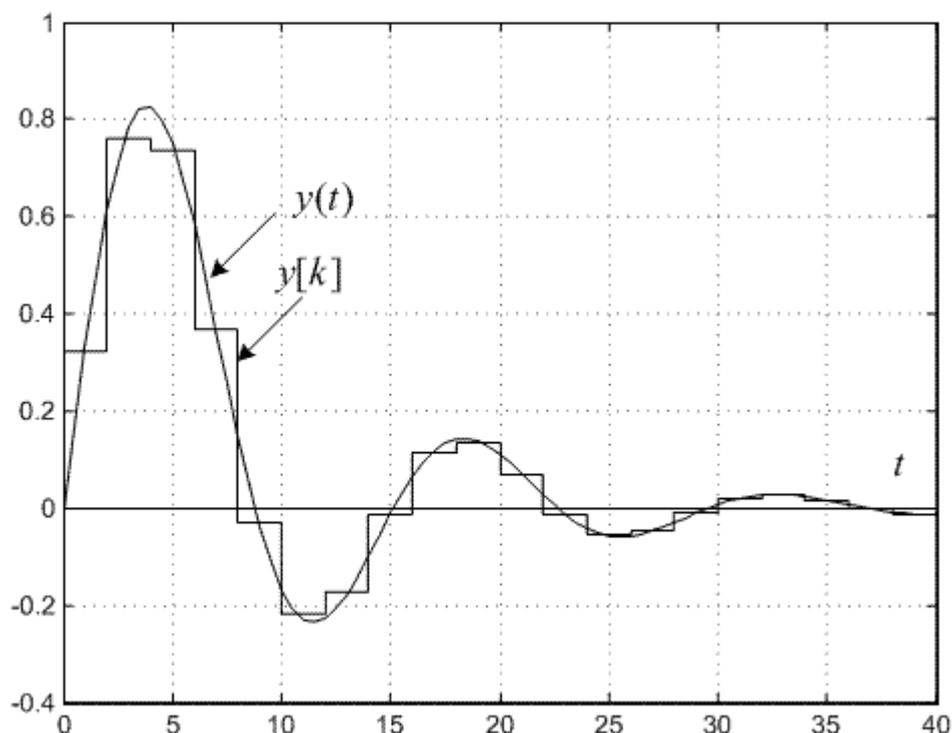


Рис. 1 – Пример непрерывной и дискретной функции

Для оптимизации такта квантования наряду с настройками цифровых регуляторов при синтезе ЦСУ необходимо установить характер зависимостей между длительностью такта T_0 и показателями качества управления с целью формирования критерия, обеспечивающего проведение этой процедуры.

Выбор такта квантования, его оптимизация по тому или иному критерию является не решенной задачей до настоящего времени. Известные классические подходы дают лишь рекомендации к его выбору в диапазоне частот.

В работе[1] предложен алгоритм оптимизации такта T_0 по выбранному комплексному критерию:

$$S_{eu}^2 = \frac{1}{N - mc} \sum_{i=mc}^N (e_i^2 + r \times \Delta u_i^2) \xrightarrow{T_0} \min$$

Для расчета весового коэффициента r , который определяет требования к точности управления и одновременно к затратам на управление, рекомендуется воспользоваться формулой, полученной в результате исследования влияния величины r на характер зависимости $S_{eu}^2 = f(T_0)$:

$$r \approx (0.15 \div 0.4) S_e^2 / S_u^2 \Big|_{T_0},$$

где T_0 - начальный выбранный такт.

В качестве исходных данных принимаются: исходный такт T_0 , соответствующие ему параметры дискретной динамической модели объекта, определяемые на этапе идентификации, начальные настройки цифрового регулятора, величина начального приращения по такту и степень точности определения оптимума.

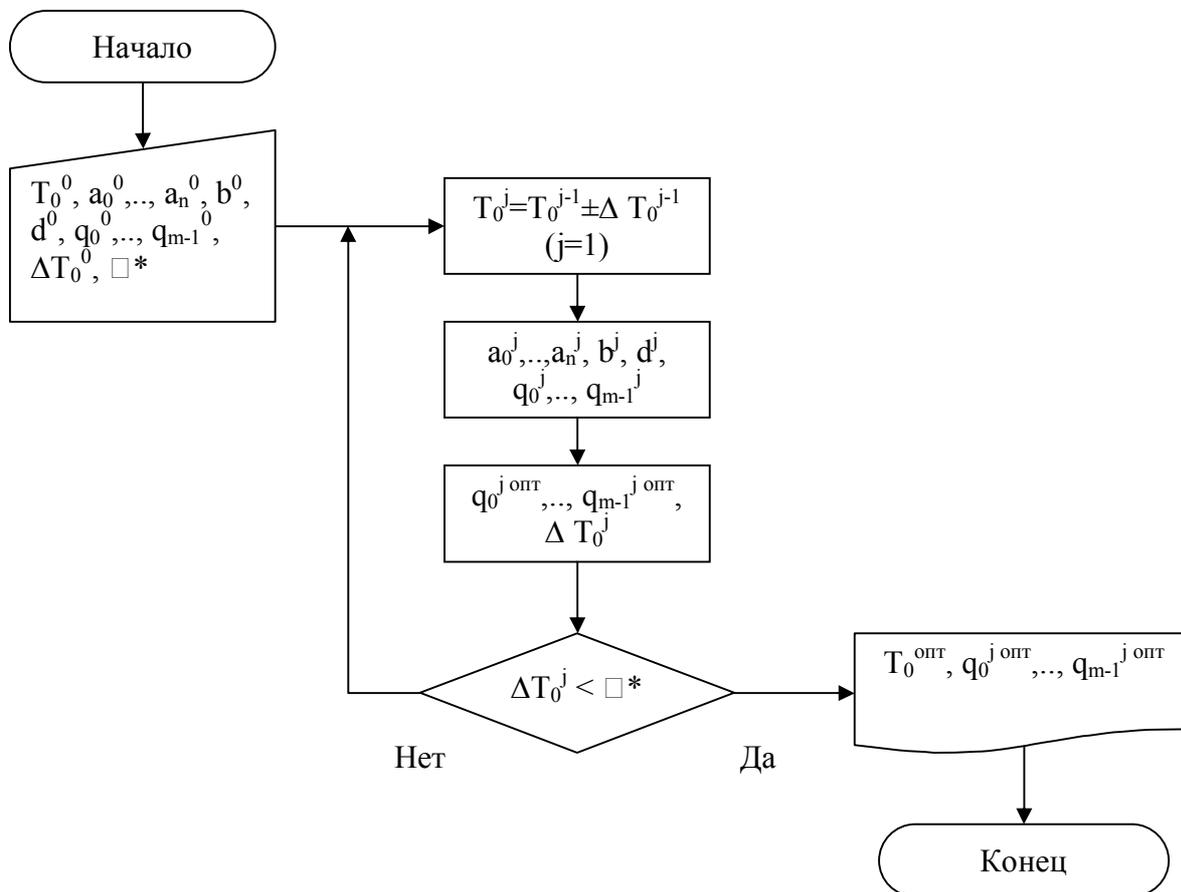


Рис. 2 – Алгоритм оптимизации такта квантования T_0

В блоке 3 дается приращение по такту и в зависимости от полученных оптимальных значений критерия оптимизации, делается шаг по такту в направлении уменьшения критерия методом наискорейшего спуска.

В блоке 4 пересчитываются параметры дискретной модели, настройки цифрового регулятора в соответствии с приращениями по такту и выполняется оптимизация настроек градиентным методом [1] при исходном T_0 и в приращениях в блоке 5.

Процесс поиска оптимального шага квантования выполняется до достижения заданной степени точности при определении оптимума критерия.

В результате расчета определяются оптимальные: длительность временного такта квантования и настройки цифрового регулятора.

Следует отметить, что, несмотря на то, что данный алгоритм подразумевает колоссальное количество расчетов при задании высокой точности поиска, он является надёжным, проверенным методом нахождения оптимальных параметров. С развитием вычислительной техники время на проведение расчетов заметно сокращается, что позволяет использовать приведённый метод без значительного ущерба для временных затрат на проведение синтеза.

Так же, в одноконтурных системах затраты на расчеты и управление настолько незначительны, что в нашем случае мы можем пренебречь значением весового коэффициента r , так как это не приведет к каким-либо значимым отклонениям искомых значений.

Параметрический синтез одноконтурных ЦСУ на основе параметрического синтеза аналоговой системы с использованием формулы Тастина

Рассмотрим одноконтурную АСР с ПИ-регулятором. Передаточная функция объекта управления:

$$W_o(s) = 10 \frac{1}{1+100s} e^{-5s}$$

Найдены параметры аналогового регулятора для данной системы, обеспечивающие заданное значение степени колебательности $m=0,221$ на частоте $\omega = 0,234$ (1/ед.вр.):

$$c_0 = 0,13419 \text{ (1/ед. вр.)}$$

$$c_1 = 1,62167$$

Передаточная функция аналогового регулятора имеет следующий вид:

$$R(s) = \frac{0,13419 + 1,62167s}{s}$$

Для получения передаточной функции цифрового регулятора произведем замену по формуле Тастина[2]:

$$s = \frac{2(z-1)}{T(z+1)}$$

Передаточная функция цифрового ПИ-регулятора имеет вид:

$$R(z) = \frac{q_0 z + q_1}{z-1}$$

где:

$$q_0 = \frac{c_0 T + 2c_1}{2}$$

$$q_1 = \frac{c_0 T - 2c_1}{2}$$

При шаге квантования по времени $T_0=1$ настроечные параметры цифрового регулятора принимают следующие значения:

$$q_0 = 1,68877$$

$$q_1 = -1,5546$$

На рисунке ниже изображен переходный процесс рассматриваемой АСР.

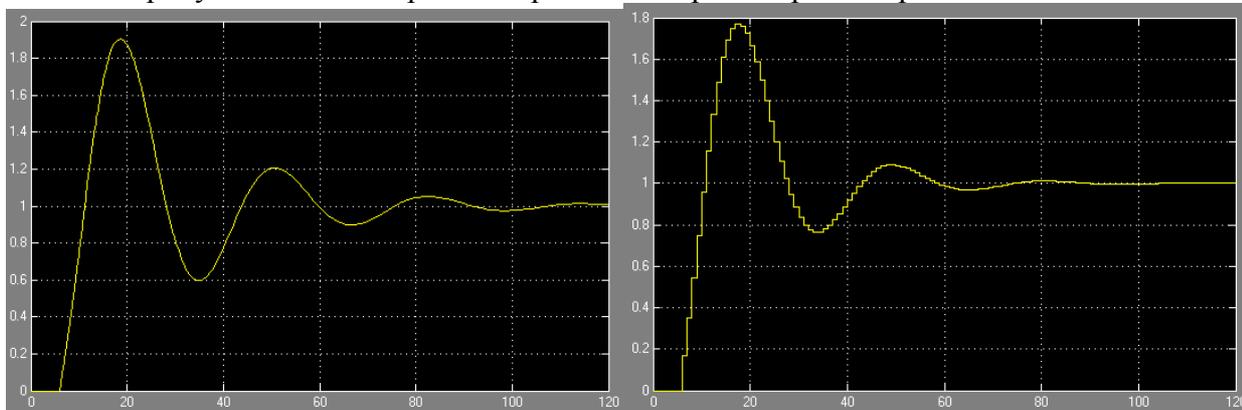


Рис. 3 – Переходной процесс аналоговой одноконтурной АСР в аналоговом (слева) и цифровом (справа) виде

1. Кудряшов В.С. Диссертация на соискание ученой степени доктора наук: Синтез систем цифрового управления многосвязными нестационарными технологическими объектами. / В.К. Битюков. – ВГТА: Рукопись, 2005. – 320 с.
2. Поляков К.Ю. Основы теории цифровых систем управления. Санкт-Петербург, 2006. - 160с.
3. Епифанцев А.В. Параметрическая оптимизация цифровых систем регулирования. Статья. Благовещенск, 2011.