

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ САУ НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ДИСКРЕТИЗАЦИИ

Литвиненко С.В., группа СУА-07мн

Руководитель доц. Суков С.Ф.

Термин цифровые системы автоматического управления подразумевает цифровое устройство (регулятор), которое осуществляет управление непрерывным объектом. Для работы цифровых систем управления возникает необходимость представить информацию, которую несет аналоговый сигнал, в цифровой форме с помощью последовательности его мгновенных значений, которые существуют только в дискретные моменты времени. Такой процесс называется дискретизацией.

На данном этапе развития техники в цифровых системах автоматического управления повсеместно применяются АЦП и ЦАП, использующие для преобразования сигнала равномерный метод дискретизации, согласно которому отсчеты сигнала отделены интервалами времени постоянной и известной заранее длительностью.

Критерием выбора частоты дискретизации для равномерного метода является теорема Котельникова, которая требует, чтобы частота дискретизации была, по крайней мере, вдвое выше максимальной частотной компоненты спектра сигнала. В реальных же условиях, учитывая то, что спектры реальных сигналов бесконечны, возникает необходимость в предварительной фильтрации сигнала, подавляющей компоненты, частоты которых находятся вне допустимой зоны $[0; F_s]$, где F_s – частота дискретизации.

Однако, в любом случае использование равномерной дискретизации приводит к возникновению побочных частотных составляющих в дискретизированном и восстановленном сигнале (эффект наложения спектров или алиазинг) на частотах $\pm K \cdot F_s \pm F_a$, где F_a – частота сигнала. Проще говоря,

через равноотстоящие отсчеты дискретизированного сигнала можно провести не только исходный сигнал, но и сигнал с кратными частотами. При выполнении теоремы Котельникова побочные частотные составляющие могут быть корректно отделены от сигнала с помощью фильтра низких частот.

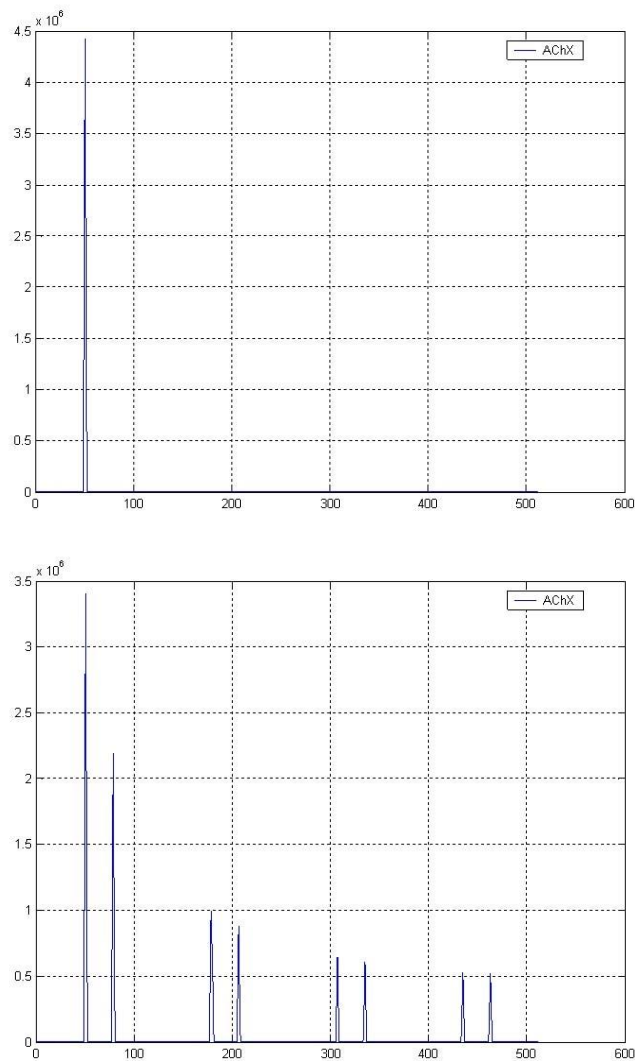


Рисунок 1 – Спектры исходного (слева) и равномерно дискретизированного (справа) сигналов

На рисунке 1 представлены спектры исходного и дискретизированного сигнала, частота дискретизации равна 128 Гц. Как видно из рисунка, в спектре дискретизированного сигнала даже при выполнении теоремы Котельникова присутствуют побочные частотные составляющие, амплитуда которых соизмерима с амплитудой полезного сигнала. В данном случае в качестве

исходного выбран синусоидальный сигнал с частотой 50 Гц.

В настоящее время разработаны лишь прямые методы борьбы с последствиями возникновения эффекта наложения спектров. Применение равномерной дискретизации приводит к необходимости предварительной обработки сигналов: применения ФНЧ, полосовых и антиалайзинговых фильтров, применение избыточной дискретизации и т.д.

Применение мер по подавлению побочных частотных составляющих в САУ приводит к:

- искажениям управляющего воздействия, обусловленное неидельностью характеристик фильтров;

- фазовому сдвигу сигналов и, как следствие – к увеличению запаздывания реакции САУ;

- потере части информации сигнала. Простейшие фильтры применяемые в САУ не обеспечивают адаптацию к сигналу, применение же цифровых адаптивных фильтров может сказаться на быстродействии системы.

Все это в некоторых случаях может быть критично для процесса управления. Отсутствие же элементов, подавляющих побочные частотные составляющие приводит к тому, что на объект управления поступает управляющее воздействие, часть которого заведомо является ложной (содержит побочные частотные составляющие).

Недавние исследования [1, 2, 3] показали, что случайность в осуществлении выборки не всегда имеет вредные последствия, в некоторых случаях правильно проведенная стохастическая дискретизация может обеспечить подавление побочных частотных составляющих без применения вышеописанных методов. Сущность стохастической дискретизации заключается во взятии значений отсчетов сигнала в заранее неизвестные случайные моменты времени.

Задача данного исследования – построение простейшей цифровой системы управления на основе стохастической дискретизации без применения

классических мер по борьбе с побочными частотными составляющими.

Результат применения стохастической дискретизации к исходному сигналу изображен на рисунке 2. Как видно из рисунка, в спектре дискретизированного сигнала отсутствуют четко выраженные побочные частотные составляющие. Энергия, переносимая побочными частотными составляющими при равномерной дискретизации, претерпела преобразование в широкополосный шум, т.е. вместо жестко коррелированных с исходным сигналом алиасов имеет некоррелированный случайный шум.

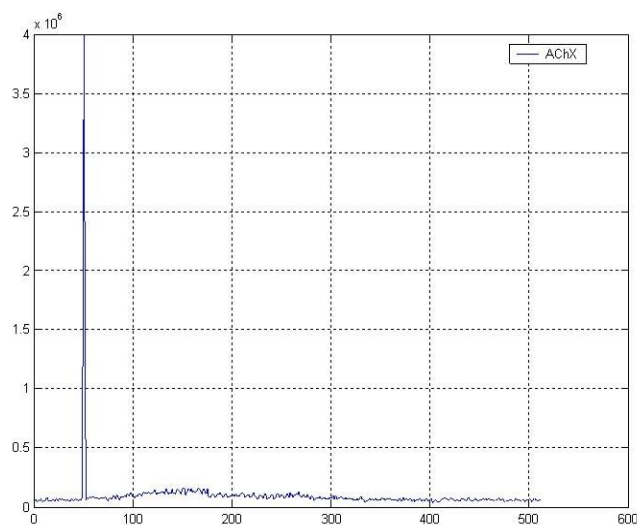


Рисунок 2 – Спектр стохастически дискретизированного сигнала

Прежде чем приступить непосредственно к построению полноценной системы управления, было принято решение промоделировать реакцию типовых звеньев САУ на стохастическую дискретизацию. Как известно, почти все объекты управления можно описать при помощи типовых звеньев. Также существует набор типовых законов регулирования, которые позволяют производить управление большинством типовых объектов [4]. Следующим объектом для исследования выбран цифровой ПИ-регулятор на основе стохастической дискретизации.

Выводы:

- равномерная дискретизация предпочтительнее всегда, когда спектр

сигнала может быть ограничен в соответствии с теоремой Котельникова. Во-первых, равномерная дискретизация – самый простой метод осуществления дискретизации сигналов. Во-вторых, результаты равномерной дискретизации хорошо подходят для цифровой обработки, для нее существуют множество эффективных быстрых алгоритмов обработки;

- стохастическая дискретизация является более выгодной, когда невозможно провести предфильтрацию при аналогово-цифровом преобразовании сигнала или когда обрабатываемый сигнал содержит информационные компоненты в частотах, превышающих половину принятой (либо допустимой в данном случае) частоты дискретизации;

- проблема подавления побочных составляющих при равномерной дискретизации решаются только одним путем – повышением частоты дискретизации. Повышение частоты дискретизации приводит к усложнению аппаратных средств, кроме того, увеличение частоты дискретизации принципиально имеет предел;

- преднамеренное введение элемента случайности позволяет получить более гибкую систему обработки сигналов. Свойства неравномерно дискретизированных сигналов главным образом определяются режимом генерации последовательности импульсов, используемых при выборке.

Перечень ссылок

1. DASP Application Note AN1. Nonuniform sampling. September 2001.
2. DASP Application Note AN2. Randomized quantization. September 2001.
3. Hardware Implementation of a Broad-Band Vector Spectrum Analyzer Based on Randomized Sampling. IEEE transactions on instrumentation and measurement, VOL. 54, NO. 4, AUGUST 2005
4. Г. Олссон, Д. Пиани. Цифровые системы автоматизации и управления – СПб.: Невский Диалект, 2001г. – 557 с.