МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Безопасность информационных автоматизированных систем»

Отчет по лабораторной работе №1.

**ДИСКРЕТИЗАЦИИ СИГНАЛОВ И СПЕКТРЫ**

По дисциплине: Системы цифровой обработки сигнала

Вариант 1

Выполнил студент группы Т-30913 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Бутенко А.Ю./

Проверил *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*/Дик Д.И./

Курган, 2016

**Цель работы:**

* изучить факторы влияющие на выбор частоты дискретизации непрерывных сигналов;
* научиться осуществлять выбор частоты дискретизации непрерывных сигналов.

**Ход работы**

***Задача 1. Расчет уровня искажения от наложения в зависимости от частоты дискретизации***

На рисунке 1 изображено устройство предварительной обработки данных системы ЦОС реального времени. Предположим, что входной сигнал является широкополосным.

1. Изобразите спектр сигнала до дискретизации (точка А) и после нее (точка В) в пределах области ±*F*s/2.
2. Найдите уровень сигнала и искажения от наложения при частоте среза фильтра защиты от наложений и частоте Найквиста.
3. Определите минимальную частоту дискретизации (*F*s(min)), которая дает отноше­ние сигнала к уровню искажения от наложения 10:1 при частоте среза фильтра защиты от наложений.

**Фильтр нижних частот Баттер-ворта с частотой среза *f*с**

***x*(*t*)**

**Аналоговый**

**вход**

**Дискретный**

**сигнал**

***x’*(*t*)**

**АЦП с чатотой дискретизации**

***F*s**

**A**

***x”*(*t*)**

**B**

Рисунок 1 –Устройство предварительной обработки данных системы ЦОС реального времени

*Решение:*

Исходные данные:

* фильтр Баттерворта четвертого порядка,
* частота среза фильтра защиты от наложений *f*c = 12 кГц,
* частота дискретизации АЦП *F*s = 40 кГц.

1. Спектр сигнала до и после дискретизации изображен на рисунке 2. Форма каждого спектрального компонента имеет ту же форму, что и характеристика фильтра Баттерворта, т.е.

.

где *k* – порядок фильтра.



Рисунок 2 – Спектр дискретного сигнала, на котором показано искажение, вызванное наложением

1. При частоте 10 кГц уровень нормированного сигнала (из приведенного выше уравнения) равен

Уровень искажения от наложения (согласно рисунку 2) задается как

Частота Найквиста равна 20 кГц (т.е. половине частоты дискретизации). Это точка пересечения характеристик на рисунке 2, поэтому уровни сигнала и искажения от наложения одинаковы. И уровень сигнала, и уровень наложения при 20 кГц (исходя из выражения для характеристики Баттерворта, где *f*  = 20 кГц, а *f*c = 12 кГц) равны

1. При 12 кГц уровень сигнала составляет 0,707. Отношение уровня сигнала к уровню наложения 10:1 предполагает уровень наложения в 0,0707. Зеркальный компонент, который вызывает наложение, определяется уравнением Баттерворта. Следовательно, из указанного уравнения находим:

Следовательно, кГц. Частота дискретизации *F*s(min) = *fa* + 12 = 35.257 кГц.

*Задача 2. Расчет частоты дискретизации для заданного уровня искажения от наложения спектров*

На рисунке 3 изображено устройство предварительной обработки в простой си­стеме сбора данных. Найдите минимальную частоту дискретизации *F*s, при которой искажение от наложения будет составлять меньше 2% от уровня сигнала в полосе пропускания.

***R***

**+**

**–**

***R***

АЦП

***C***

***F*s**

***x*(*t*)**

**Аналоговый**

**входной**

**сигнал**

**Дискретный**

**сигнал**

***x’*(*t*)**

Рисунок 3 – Устройство предварительной обработки в простой системе сбора данных. Простой ак­тивный фильтр ограничивает полосу частот сигнала перед дискретизацией с частотой *F*s

*Решение:*

Исходные данные:

* *R* = 23 кОм, С = 0,01 мкФ.

Амплитудная характеристика активного фильтра задается следующим образом:

, где *f*c = 1/(2*RC*) = 0,692 кГц.

При частоте 2 кГц уровень сигнала

Искомый уровень наложе­ния < 0,7071  2/100 = 0,01414.

Следовательно,

где *fa* – частота наложения. Решив это уравнение относительно *fa*, получим: *fa* < 48.934 кГц. Следовательно,

*F*s > *fc* + *fa* = 0,692 кГц + 48,934 кГц = 49,625кГц.

Если учесть спецификации и появление зеркальных частот в точках 2*F*s, 3*F*s и т.д. (что ранее не учитывалось), то *F*s > 49,625 кГц. Положим *F*s = 50 кГц.

*Задача 3. Расчет частоты дискретизации исходя из уровня шума АЦП*

Полоса частот аналого­вого сигнала с однородной спектральной плотностью мощности ограничена фильтром защиты от наложения спектров со следующей амплитудной характеристикой:

.

где *k* – порядок фильтра, *f*c – частота среза фильтра.

Сигнал оцифрован с помощью линейного биполярного АЦП. Найдите:

1. минимальную частоту дискретизации, при которой максимальное искажение от на­ложения не будет превышать уровень шума квантования;
2. отношение сигнал-шум квантования АЦП (в дБ).

*Решение:*

Исходные данные:

* порядка фильтра третий,
* частота среза фильтра защиты от наложений *f*c = 5,1 кГц,
* разрядность АЦП 12-бит.

1. Частоту дискретизации следует выбирать так, чтобы фильтр защиты от наложения спектров ослаблял искажение от наложения, попадающее в полосу пропускания, до уровня, меньшего, чем минимальный среднеквадратический шум АЦП, чтобы оно было неразличимо для АЦП.

Величина шага квантования задается как

,

где *В* – количество битов АЦП, a *Vf* – полный диапазон входного сигнала.

Следовательно,

,

Максималь­ная ошибка квантования, когда значения округляются до ближайшего большего или меньшего числа, равна ±*q*/2. Ошибка квантования для каждой выборки *е* обычно полагается случайной и однородно распределенной на отрезке ±*q*/2 с нулевым средним значением. В этом случае мощ­ность шума квантования, или дисперсия, задается как

.

Таким образом среднеквадратический уровень шума квантования задается как

.

Если предположить для простоты, что входной сигнал имеет вид синусоиды с максимальной амплитудой А (такой, что удвоенная амплитуда сигнала заполняет весь входной диапазон АЦП), то максимальный уровень сигнала полосы пропускания будет равен

,

Следовательно,

.

Поскольку максимальное искажение от на­ложения в полосе пропускания фильтра не должно превышать уровень шума квантования, то

.

При В = 12 бит это уравнение можно решить относительно частоты наложения *fa* и, следовательно, найти частоту дискретизации *F*s:

*fa* = кГц,

*F*s = *fc* + 5,2 = 94,217 кГц,

***Вывод:***

В ходе работы мы изучили факторы влияющие на выбор частоты дискретизации непрерывных сигналов и научились осуществлять выбор частоты дискретизации непрерывных сигналов.