

**на правах рукописи**  
**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Нижекамский химико-технологический институт (филиал)**  
**федерального государственного бюджетного образовательного учреждения**  
**высшего образования**  
**«Казанский национальный исследовательский технологический**  
**университет»**  
**НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»**  
**Факультет управления и автоматизации**  
**Кафедра Автоматизации технологических процессов и производств**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

**ПО ТЕМЕ: ДИСКРЕТИЗАЦИЯ И КВАНТОВАНИЕ**

**Нижекамск, 2016**

## Цель работы: изучение принципов дискретизации по времени и квантования по уровню

### Методические указания по теоретической части

Дискретизация функции во времени заключается в замене данной непрерывной функции другой, решетчатой функцией, образованной путем прерывания исходной функции через определенные промежутки времени  $\Delta t$ .

По теореме В.А.Котельникова всякий непрерывный сигнал, обладающий ограниченным спектром, полностью определяется своими дискретными значениями в моменты отсчетов, отстоящие друг от друга во времени на интервалы  $\Delta t = \frac{1}{2F_{\max}}$ , где  $F_{\max}$  - верхняя частота ограниченного спектра сигнала.

Аналитическое выражение функции  $f(t)$  через ее дискретные значения представляется формулой

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f\left(\frac{k}{2F_{\max}}\right) \frac{\sin 2\pi F_{\max} \left(t - \frac{k}{2F_{\max}}\right)}{2\pi F_{\max} \left(t - \frac{k}{2F_{\max}}\right)}.$$

Для медленно изменяющихся сообщений дискретизацию проводят по критерию Ф.Е.Темникова, который позволяет устранить избыточность  $\Delta t = \frac{\Delta x}{dx/dt}$ .

Для случайных сигналов, имеющих неограниченный спектр частот, дискретизацию проводят по Н.А.Железнову, который предложил выбирать интервал дискретизации равным времени корреляции  $\tau_0$ .

При квантовании по уровню весь диапазон изменения сигнала представляется конечным числом разрешенных уровней  $N$ , которое может быть

определено из соотношения  $N = \frac{x_{\max}(t) - x_{\min}(t)}{\Delta x} + 1$ ,

где  $\Delta x$  - интервал (шаг) квантования.

При квантовании возникает ошибка, обусловленная заменой истинного значения функции разрешенными уровнями. Эта ошибка (шум квантования) равна  $\Delta x_k = |x_k(t) - x(t)|$ . Приведенная ошибка квантования определяется по формуле

$$\beta = \frac{\Delta x_K}{2[x_{\max}(t) - x_{\min}(t)]} = \frac{1}{2(N-1)}.$$

Дисперсия ошибки при равномерном квантовании равна

$$D[\Delta x_K] = \frac{\Delta x_K^2}{12} = \frac{1}{12(N-1)^2}.$$

При заданной разрядности  $n$  двоичного преобразования и известном диапазоне изменения функции шаг квантования определяется по формуле

$$\Delta x_K = \frac{x_{\max}(t) - x_{\min}(t)}{2^n - 1}.$$

Количество двоичных разрядов, необходимое для представления непрерывного сообщения двоичным кодом, равно:  $n = \log_2 N$ .

### Задания для самостоятельного выполнения

1. Произвести дискретизацию детерминированной периодической функции  $f(t) = \frac{A}{2} + A \sin \Omega t + \frac{A}{2} \sin 2\Omega t$ , пользуясь теоремой отсчетов. Определить значения функции для пяти моментов выборок и посередине между первым и вторым отсчетом.

2. Представить рядом Котельникова пилообразное напряжение, которое, будучи выражено рядом Фурье имеет вид

$$f(t) = \frac{A}{\pi} \left( \sin \Omega t - \frac{1}{2} \sin 2\Omega t + \frac{1}{3} \sin 3\Omega t - \frac{1}{4} \sin 4\Omega t + \frac{1}{5} \sin 5\Omega t - \dots \right).$$

Спектр этого колебания считать ограниченным пятью гармониками.

3. Напряжение выходного устройства изменяется в интервале  $x_{\min} = 0.1B$ ,  $x_{\max} = 7B$ . Каков должен быть интервал квантования, чтобы приведенная ошибка не превышала значения 0,01?

4. Функция  $x(t)$  содержит гармоническую составляющую наивысшей частоты  $F_{\max} = 100$  Гц. Определить, через какие промежутки следует брать отсчеты, и количество отсчетов, если сигнал длится 300 мс.

5. В абонентской телефонной связи для сохранения естественности речи выбирают полосу частот около 3400 Гц. Какой дискретностью восстанавливается звуковая передача?

6. Число уровней квантования передаваемого сигнала -62. Минимальное значение функции  $x_{\min} = 0.3B$ . Интервал квантования  $\Delta x = 0.15B$ . Определить, какова приведенная ошибка и максимальное значение сигнала.

7. На сколько надо изменить интервал квантования, чтобы уменьшить шум квантования от 0,025 до 0.125? На сколько возрастет при этом количество интервалов квантования при одном и том же диапазоне изменения сигнала  $x_{\max} - x_{\min} = 5 \text{ В}$ ?

8. Частотные спектры датчиков непрерывных электрических величин ограничены 10 Гц. Определить период опроса датчиков при многоканальной передаче информации и количество датчиков, если длительность информационного импульса составляет 10 мс.

9. Непрерывное сообщение, содержащее в спектре максимальную гармоническую составляющую с частотой 50 Гц, длится 1 с. Сколькими отсчетами можно восстановить это сообщение?

10. Непрерывное сообщение квантовано по уровню с шагом квантования 0,1 В. Каков минимальный интервал времени по критерию Темникова, если производная непрерывной функции имеет максимальное значение 10 В?

11. Определить на основе критерия Железнова число некоррелированных элементов, содержащихся в сигнале, если он существует в интервале  $T_c = 0.0036 \text{ с}$ , а интервал корреляции  $\tau_0 = 0.03 \text{ мс}$ .

12. Сигнал длительностью  $T_c = 0.015 \text{ с}$  можно представить 300 отсчетами, коррелированными между собой. Каков будет интервал корреляции на основе критерия Железнова?

### Контрольные вопросы

1. Каким образом осуществляется преобразование аналогового сигнала в дискретный и цифровой?
2. В чем заключается операция дискретизации (квантования по времени)?
3. В чем суть операции квантования по времени?
4. Чему равен шаг дискретизации по времени по теореме Котельникова?
5. Что такое шум квантования?
6. Какие виды дискретизации и квантования вы знаете?
7. Какой физический смысл теоремы Котельникова?