

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное агентство по образованию  
«Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им.  
проф. М. А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ)»

---

СПб ГУТ)))

## **Звуковое вещание**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### **Исследование импульсно-кодовой модуляции**

Выполнил:

**Балан К. А.**

Студент группы:

**РЦТ-22**

Преподаватель:

**Ишугина О. Ю.**

*Санкт-Петербург*

**2024**

## 1. Исследование дискретизации на кратных частотах

1. Напишем программу для исследования дискретизации на кратных частотах.

2. Построим графики сигналов амплитудой 9,51 кванта с частотой 2400 Гц.

3. Зададим амплитуду равную 13 квантам и повторим измерения для коэффициентов кратности 40 (низкие частоты) и 4 (высокие частоты).  
Занесем все сигналограммы в отчет.

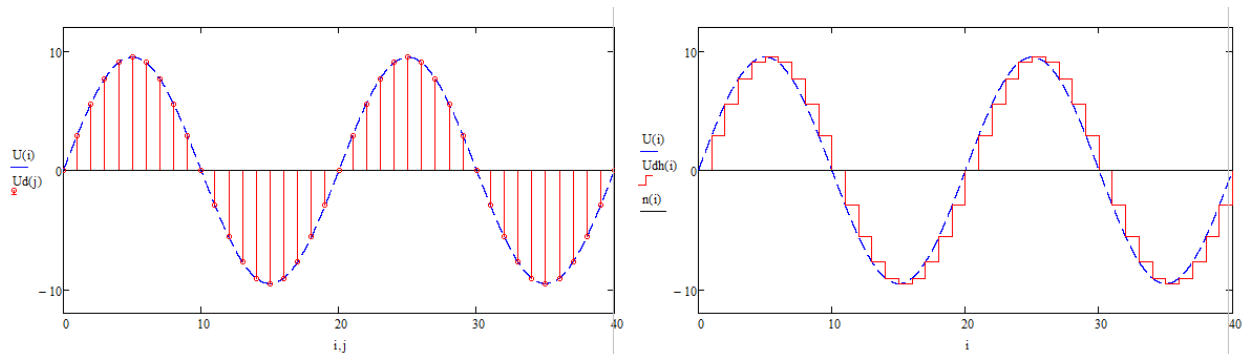


Рисунок 1 – Дискретизация при  $A = 9,51$ ,  $k = 20$ .

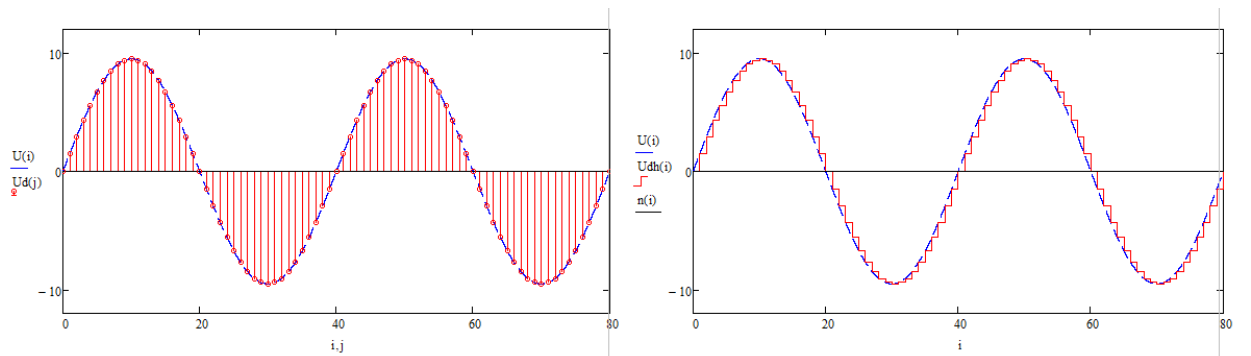


Рисунок 2 – Дискретизация при  $A = 9,51$ ,  $k = 40$ .

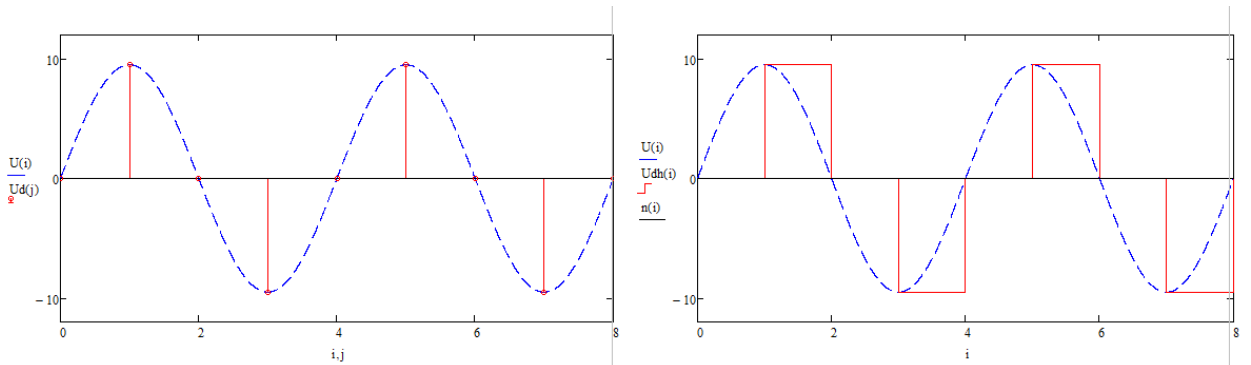


Рисунок 3 – Дискретизация при  $A = 9,51$ ,  $k = 4$ .

## 2. Исследование дискретизации на субкратных частотах

1. Напишем программу для исследования дискретизации на субкратных частотах.
2. Построим графики сигналов амплитудой 7 квантов с коэффициентом субкратности  $7/3$ . Частота сигнала будет равна 20,571 кГц
3. Занесем сигналограммы дискретизированных сигналов в отчет.

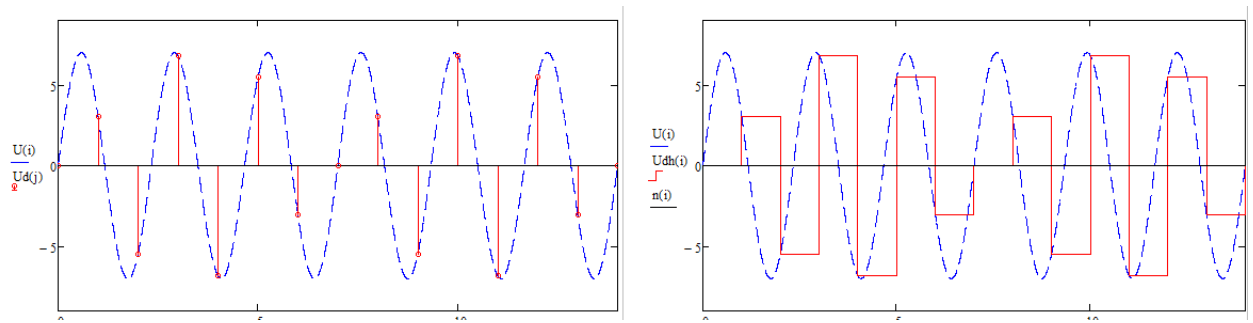


Рисунок 4 – сигналограммы дискретизированных сигналов с  $A = 7$  и  $k = 7/3$ .

### 3. Исследование спектра АИМ сигналов

1. Напишем программу для исследования зависимости спектра АИМ сигнала от ширины спектра ЗС, длительности выборок и частоты дискретизации.
2. Зададим спектр ЗС с верхней частотой 20 кГц.
3. Занесем график спектра в отчет.
4. Зададим спектр ЗС с верхней частотой 24 кГц.
5. Занесем график спектра в отчет.

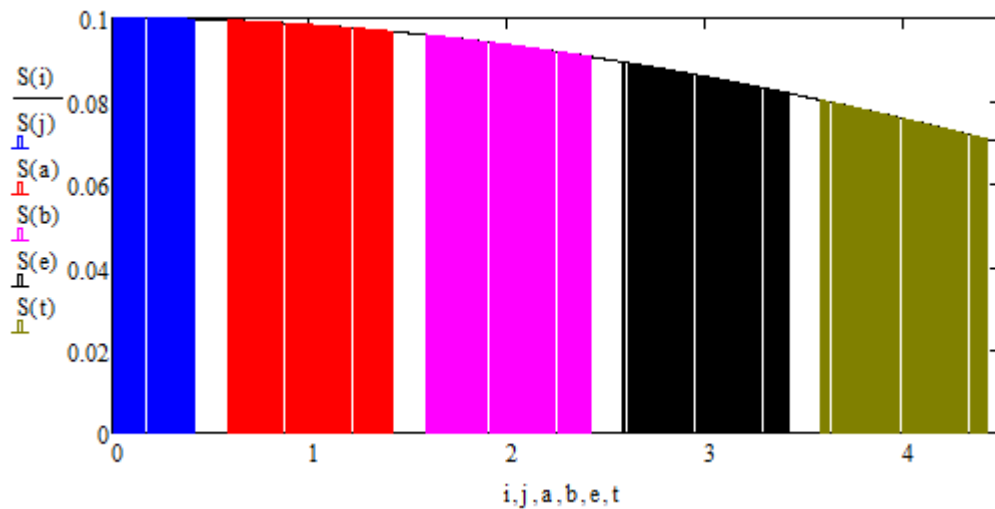


Рисунок 5 – Спектр ЗС с верхней частотой 20 кГц.

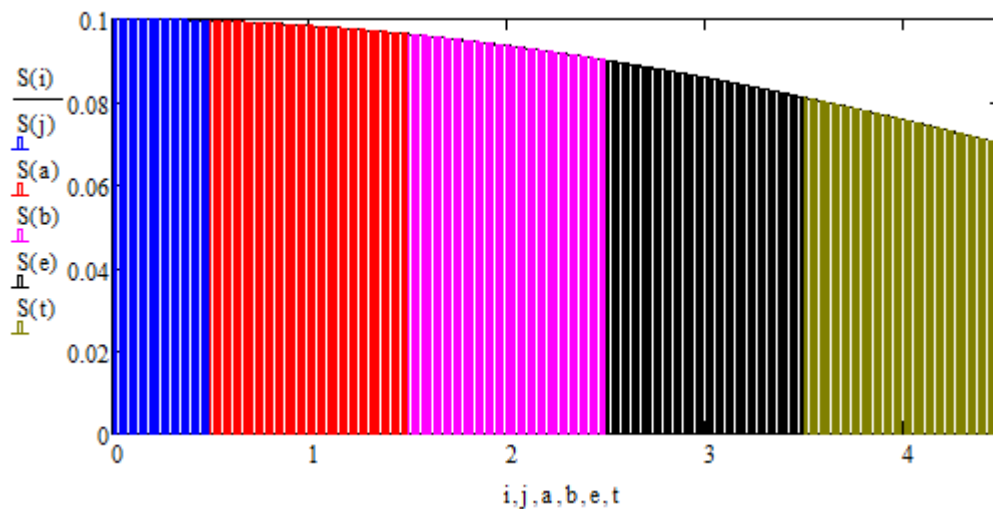


Рисунок 6 - Спектр ЗС с верхней частотой 24 кГц.

#### 4. Исследование квантования на верхних частотах

1. Напишем программу для исследования зависимости формы квантованных сигналов от амплитуды и частоты ЗС.
2. Построим графики сигналов амплитудой 2,5 кванта с коэффициентом кратности 20. Частота сигнала будет равна 2,4 кГц.
3. Занесем сигналограммы квантованных сигналов в отчет.

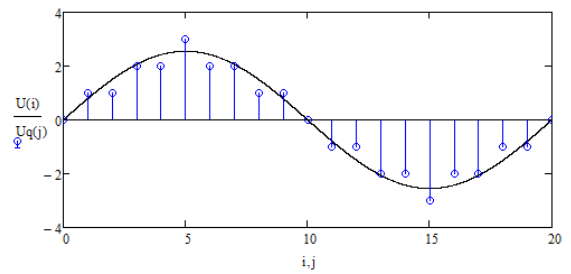
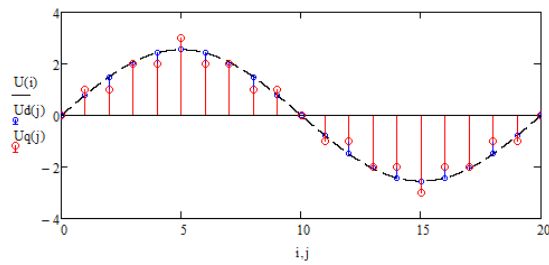


Рисунок 7 – Сигналограммы квантованного сигнала при  $A = 2,55$  и  $k = 20$ .

## 5. Исследование спектра сигналов на выходе интерполятора

1. Напишем программу для исследования зависимости спектра сигналов на выходе интерполятора от ширины спектра ЗС, длительности выборок и частоты дискретизации.
2. Зададим спектр ЗС с верхней частотой 20 кГц.
3. Занесем график спектра в отчет.

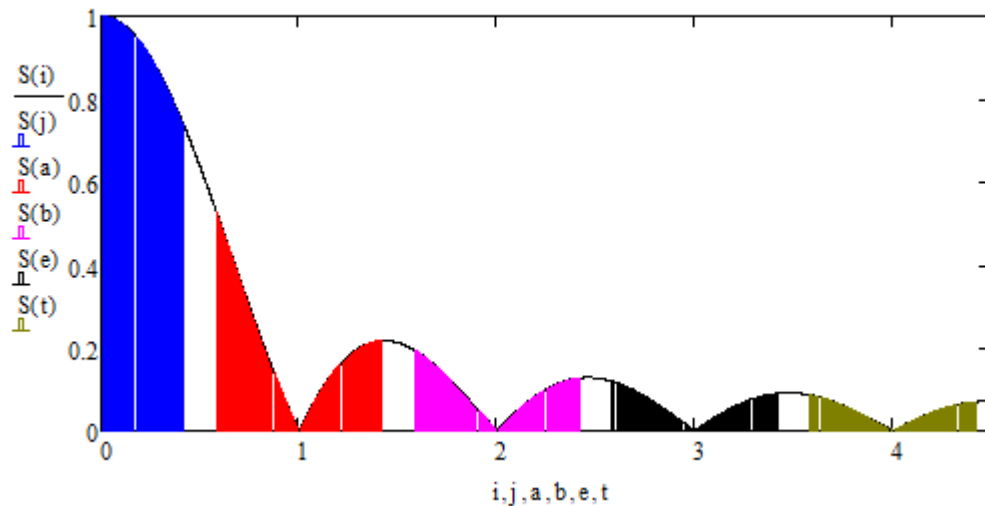


Рисунок 8 - Спектр ЗС с верхней частотой 24 кГц.

## **6. Контрольные вопросы**

1. Сформулируйте теорему Котельникова. Что будет, если частоту дискретизации сделать значительно выше, чем предусматривается теоремой.

Для восстановления дискретизированного сигнала частота дискретизации должна быть не меньше, чем удвоенное значение наибольшей частоты исходного сигнала. Если частота дискретизации сильно больше необходимой, то это приведет к увеличению объема данных.

2. Чем отличается ИКМ от других видов модуляции, в чем ее положительные и отрицательные стороны?

ИКМ преобразует сигнал в цифровую форму. Это дает высокую устойчивость к шумам и простоту обработки и хранения. Из минусов – потеря информации при низком числе квантования.

3. Зачем нужен антиэлайзинговый фильтр, каковы его характеристики и почему?

Антиэлайзинговый фильтр нужен для уменьшения искажений при дискретизации, устраняя высокочастотные компоненты сигнала.

4. Что такое перекрытие спектров?

Это когда спектры дискретизированных сигналов накладываются друг на друга, что приводит к искажению и/или потере информации.

5. Что понимается под термином дискретизация, как она осуществляется?

Дискретизация – процесс преобразования непрерывного сигнала в последовательность дискретных значений.

6. Какую роль играет длительность выборок?

Длительность выборок влияет на разрешение и точность представления сигнала.

7. Что понимается под термином УВХ, зачем он нужен?

Уменьшение вещания частоты – это процесс, который позволяет предотвратить влияние высокочастотных составляющих сигналов, которые могут быть недоступны для обработки.

8. Каковы отличительные черты линейного квантования?

Линейное квантование – это процесс, при котором значения непрерывного сигнала распределяются по фиксированным интервалам с равной шириной.

9. Какой тип квантователя используется в линейной ИКМ?

В линейной ИКМ используется постоянный или линейный квантователь, который делит диапазон значений входного сигнала на равные уровни.

10. Что понимается под кратными и субкратными частотами?

Кратные частоты – это частоты, которые превышают частоту сигнала в целое число раз. Субкратные частоты – это частоты, для которых в определённое количество периодов частоты сигнала укладывается целое число периодов частоты дискретизации.

11. Чем отличаются временные диаграммы дискретизированных сигналов на кратных и субкратных частотах?

На кратных частотах каждый период сигнала дискретизируется в одних и тех же точках, а на субкратных частотах эти точки смещаются на разных периодах.

12. Для чего предназначен в демодуляторе интерполятор?

Интерполятор в демодуляторе служит для восстановления непрерывного сигнала из дискретных выборок, часто заполняя промежутки между выборками.

13. Что понимается под терминами интерполятор нулевого и 1-го порядков?

Интерполятор нулевого порядка использует значение последней измеренной выборки для всех промежуточных времён, что приводит к ступенчатому восстановлению. Интерполятор 1-го порядка использует линейную интерполяцию между выборками, гарантируя более плавное изменение между ними.



14. Как выглядит спектр сигнала на выходе интерполятора нулевого порядка?

Спектр сигнала на выходе интерполятора нулевого порядка содержит более низкие частоты, чем оригинальный сигнал

15. Зачем нужен ФНЧ на выходе ИКМ модулятора, каким требованиям он должен удовлетворять?

Фильтр низких частот необходим на выходе ИКМ модулятора для устранения высокочастотных составных элементов, появившихся из-за процесса модуляции.