

## КУРСОВАЯ РАБОТА

по курсу «Радиотехнические цепи и сигналы» на тему

### *«Цифровая обработка сигналов»*

Утверждено на заседании кафедры 405  
31 августа 2023 г.  
протокол № 1

## Часть I. Дискретизация аналогового сигнала

1. Параметры импульсного и периодического сигналов (амплитуда, длительность, период повторения и др.) взять из РГР по РТЦ и С (5 семестр).
2. Записать аналитическое выражение и построить графики импульсного и периодического сигналов.
3. Записать выражения и построить графики спектров импульсного и периодического сигналов.
4. Выбрать два значения частоты дискретизации из условия  $F_d \geq 2F_{\max}$ , определенной по уровню 75% и 95% полной энергии сигнала. Период дискретизации  $\Delta = 1/F_d$  должен быть таким, чтобы на выбранном периоде повторения сигнала  $T$  укладывалось целое число  $N$  периодов дискретизации ( $T = N\Delta$ ), а частота дискретизации была целым числом.
5. Определить аналитическое выражение и построить графики цифровых сигналов, полученных дискретизацией аналогового импульсного сигнала с выбранными значениями частот дискретизации.
6. Записать выражение спектра цифрового сигнала, полученное с использованием спектра аналогового сигнала. Построить на одном графике спектры цифрового и аналогового сигналов с учетом их размерности.
7. Записать выражение и построить графики спектров цифрового сигнала, полученные с помощью ДВПФ.
8. Проанализировать полученные сигналы и спектры, сравнить их и сделать выводы.

## Часть II. Восстановление импульсных аналоговых сигналов из цифровых сигналов

1. Задать аналитические выражения и построить графики для частотной и импульсной характеристик идеального восстанавливающего фильтра (ИВФ) для двух значений частоты дискретизации.
2. Определить и построить сигналы на выходе восстанавливающих фильтров с помощью свёртки цифрового сигнала с импульсной характеристикой ИВФ. Вычислить нормированную среднеквадратическую ошибку восстановления сигналов по формуле:

$$\epsilon = \frac{1}{E_s} \int_{-\infty}^{\infty} |s(t) - s_{\text{восст}}(t)|^2 dt,$$

где  $E_s$  – энергия исходного аналогового сигнала.

3. Определить и построить спектры сигналов на выходе восстанавливающих фильтров.
4. Задать аналитические выражения и построить графики для частотной и импульсной характеристик фильтра низких частот первого порядка (ФНЧ-1) для двух значений частоты дискретизации.
5. Определить и построить сигналы на выходе восстанавливающих фильтров с помощью свёртки цифрового сигнала с импульсной характеристикой ФНЧ-1. Вычислить среднеквадратическую ошибку восстановления сигналов по отношению к заданному аналоговому сигналу.
6. Определить и построить спектры сигналов на выходе ФНЧ-1 в сравнении со спектром аналогового сигнала в диапазоне  $\pm 5F_d$ .
7. Проанализировать полученные сигналы и спектры, сравнить их между собой и с исходным аналоговым сигналом, сделайте выводы.

### **Часть III. Дискретизация периодических аналоговых сигналов**

1. Определить выражение и построить графики периодических цифровых сигналов для выбранных частот дискретизации.
2. Определите спектр цифрового периодического сигнала с помощью ДПФ.
3. Проанализируйте полученные сигналы и спектры, сравните их и сделайте выводы.

### **Часть IV. Синтез цифровых фильтров**

#### Метод инвариантной импульсной характеристики.

1. Записать выражения и изобразить графики импульсной и частотной характеристик аналогового фильтра, исследованного в РГР в пятом семестре.
2. Синтезировать цифровой фильтр методом инвариантной импульсной характеристики (ИИХ). Изобразить график импульсной характеристики.
3. По импульсной характеристике цифрового фильтра:
  - найти аналитическое выражение системной функций;
  - построить диаграмму нулей и полюсов на z-плоскости;
  - найди и построить частотную характеристику;
  - составить структурную схему фильтра в канонической форме;
  - записать разностное уравнение.

#### Метод билинейного преобразования.

1. Синтезировать цифровой фильтр методом билинейного преобразования.
2. Для цифрового фильтра по найденной системной функции определить и построить все характеристики, указанные в п. 3 метода ИИХ, включая импульсную характеристику.
3. Сопоставить временные и частотные характеристики аналогового фильтра и каждого из цифровых фильтров. Сравните соответствующие характеристики двух цифровых фильтров между собой. Сделайте выводы.

### **Часть V. Фильтрация цифровых сигналов**

1. Определить и построить импульсные цифровые сигналы и их спектры на выходе синтезированных цифровых фильтров во временной области (с помощью линейной дискретной свертки) и в частотной области.
2. Восстановить и построить импульсные аналоговые сигналы и их спектры на выходе синтезированных цифровых фильтров с помощью идеального ФНЧ.
3. Сравнить результат восстановления с аналоговым сигналом на выходе аналогового фильтра, полученном в РГР в пятом семестре. Сделайте выводы.
4. Определить и построить периодические цифровые сигналы и их спектры на выходе синтезированных цифровых фильтров во временной области (с помощью циклической дискретной свертки) и в частотной области.
5. Восстановить и построить периодические аналоговые сигналы и их спектры на выходе синтезированных цифровых фильтров с помощью идеального ФНЧ.
6. Сравнить результат восстановления с аналоговым периодическим сигналом на выходе аналогового фильтра, полученном в РГР в пятом семестре. Сделайте выводы.