

# РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

по курсу «Радиотехнические цепи и сигналы» на тему  
**«Цифровая обработка сигналов»**

## **Часть I. Дискретизация импульсных аналоговых сигналов**

1. Выберите значения параметров заданного импульсного сигнала (амплитуда, длительность, и др.)
2. Запишите аналитическое выражение и постройте график импульсного сигнала.
3. Определите аналитическое выражение для спектра импульсного сигнала, постройте график амплитудного и фазового спектра.
4. Определите полную энергию импульсного сигнала. Постройте график зависимости доли энергии, заключённой в полосе частот. Определите по этому графику значения частот, соответствующие 75% и 95%:  $F_{75\%}$  и  $F_{95\%}$ .
5. Пользуясь т. Котельникова, выберите два значения частоты дискретизации  $F_{\partial 1}$  и  $F_{\partial 2}$  близкие (но не меньшие) по величине удвоенным значениям  $F_{75\%}$  и  $F_{95\%}$  соответственно.
6. Определите аналитическое выражение и постройте график цифрового сигнала, полученного в результате дискретизации аналогового импульсного сигнала с выбранной частотой дискретизации
7. Определите связь между спектрами аналогового и дискретного сигналов. Постройте графики амплитудного и фазового спектров, вычисленного по спектру аналогового сигнала.
8. Определите спектр дискретного сигнала с помощью ДВПФ от цифрового сигнала.
9. Повторите п.п. 6-8 для другого значения частоты дискретизации.
10. Проанализируйте полученные сигналы и спектры, сравните их и сделайте выводы.

## **Часть II. Восстановление импульсных аналоговых сигналов по дискретным сигналам**

1. Задайте аналитические выражения и постройте графики для частотной и импульсной характеристики идеального восстанавливающего фильтра (ВФ), соответствующего частоте дискретизации.
2. Определите и постройте сигнал на выходе восстанавливающего фильтра, полученный во временной области: свёрткой дискретного сигнала с ИХ ВФ. Вычислите среднеквадратическую ошибку восстановленного сигнала по отношению к заданному аналоговому.
3. Определите и постройте спектр на выходе восстанавливающего фильтра, полученный в частотной области как произведение спектра дискретного сигнала и ЧХ ВФ.

4. Восстановите с помощью обратного преобразования Фурье сигнал на выходе ВФ по спектру, полученному в п.3.
5. Задайте восстанавливающий ФНЧ 1-го порядка. Для этого определите аналитическое выражение для ИХ и ЧХ ФНЧ 1-го порядка для граничной частоты  $F_{cp} \approx F_{\delta}/2$ . Постройте графики ИХ, АЧХ, ФЧХ.
6. Определите с помощью свёртки и постройте сигнал на выходе восстанавливающего фильтра 1-го порядка. Определите соответствующий ему спектр умножением спектра дискретного сигнала и ЧХ фильтра. Вычислите среднеквадратическую ошибку восстановленного сигнала по отношению к заданному аналоговому.
7. Повторите пункты 1–6 для другого значения частоты дискретизации.
8. Проанализируйте полученные сигналы и спектры, сравните их между собой и с исходным одиночным аналоговым сигналом, сделайте выводы.

### Часть III. Синтез цифрового фильтра по заданному аналоговому фильтру

Для аналогового фильтра, заданного диаграммой нулей и полюсов (ДНП), синтезируйте цифровой фильтр.

1. По заданной системной функции аналогового фильтра определите и постройте частотную характеристику (ЧХ) и импульсную характеристику (ИХ) аналогового фильтра.
2. Проведите синтез цифрового фильтра методом ИИХ (инвариантной импульсной характеристики). Для этого для большей частоты дискретизации  $F_{\delta 2}$  определите импульсную характеристику цифрового фильтра, отсчеты которой совпадают со значениями импульсной характеристики аналогового фильтра в дискретные моменты времени  $nT_{\delta 2}$ .
3. По импульсной характеристике цифрового фильтра:
  - найдите системную функцию (в виде выражения);
  - постройте диаграмму нулей и полюсов на  $z$ -плоскости;
  - найдите и постройте частотную характеристику;
  - составьте структурную схему фильтра в канонической форме;
  - получите разностное уравнение.
4. \* Пересчитайте системную функцию аналогового фильтра в системную функцию цифрового фильтра по методу билинейного преобразования (метод трапеций), сделав замену:

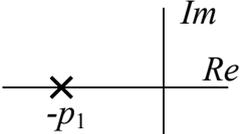
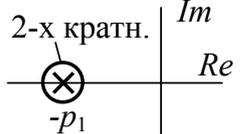
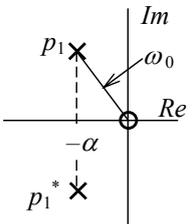
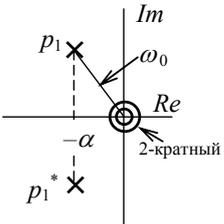
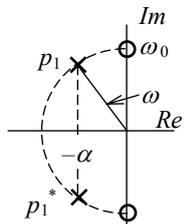
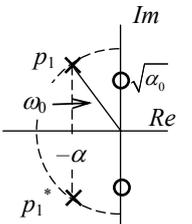
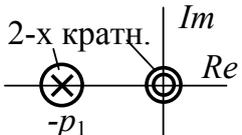
$$p = \frac{2}{T_{\delta}} \frac{z-1}{z+1}.$$

5. \* Для цифрового фильтра по найденной системной функции определите и постройте все характеристики, указанные в п. 3.
6. Сопоставьте временные и частотные характеристики аналогового и каждого из цифровых фильтров. Сравните соответствующие характеристики двух цифровых фильтров между собой. Сделайте выводы.

## Часть IV. Фильтрация дискретных сигналов

1. Определите и постройте одиночные цифровые сигналы и их спектры на выходе синтезированного цифрового фильтра во временной и частотной областях.
2. \* Восстановите и постройте одиночные аналоговые сигналы и их спектры на выходе синтезированных цифровых фильтров с помощью идеальных ФНЧ.
3. Опишите качественное преобразование сигнала в цифровых фильтрах. Проанализируйте полученные дискретные и аналоговые сигналы, сравнить их между собой и с одиночным аналоговым сигналом на выходе заданного аналогового фильтра.

### Варианты фильтров

Системная функция. Вар. 1		Системная функция. Вар. 2	
ФНЧ I порядка 	$H(p) = \frac{K}{p + p_1}$	ФНЧ II порядка 2-х кратн. 	$H(p) = \frac{K}{(p + p_1)^2}$
Системная функция. Вар. 3		Системная функция. Вар. 4	
Полосовой фильтр 	$H(p) = \frac{K p}{p^2 + 2\alpha p + \omega_0^2}$	Полосовой фильтр 	$H(p) = \frac{K p^2}{p^2 + 2\alpha p + \omega_0^2}$
Системная функция. Вар. 5		Системная функция. Вар. 6	
Режекторный фильтр 	$H(p) = \frac{K(p^2 + \omega_0^2)}{p^2 + 2\alpha p + \omega^2}$	Режекторный фильтр 	$H(p) = K \frac{p^2 + \alpha_0}{p^2 + 2\alpha p + \omega_0^2}$
Системная функция. Вар. 7			
ФВЧ II порядка 2-х кратн. 	$H(p) = \frac{K p^2}{(p + p_1)^2}$		