

КУРСОВАЯ РАБОТА

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

ПУНКТЫ СО «*» ВЫПОЛНЯЮТСЯ ПО ЖЕЛАНИЮ СТУДЕНТА.

Часть I. Выбор частоты дискретизации

1. Выберите значения параметров заданного импульсного сигнала (амплитуда, длительность, и др.)
2. Запишите аналитическое выражение и постройте график импульсного сигнала.
3. Выберите период повторения сигнала T . Значение периода следует выбрать больше длительности (или другого характерного времени) сигнала в целое число раз (рекомендуется в 3 – 8).
4. Запишите аналитическое выражение и постройте график периодического сигнала.
5. Определите аналитическое выражение для спектра импульсного сигнала, постройте график амплитудного и фазового спектра.
6. 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 $F_{95\%}$.
7. 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. При этом период дискретизации $T_{\partial}=1/F_{\partial}$ должен быть таким, что на выбранном (в п. 3) периоде повторения сигнала T укладывается целое число N периодов дискретизации ($T=N \cdot T_{\partial}$).

Часть II. Дискретизация импульсных аналоговых сигналов

1. Определите аналитическое выражение и постройте график цифрового сигнала, полученного в результате дискретизации аналогового импульсного сигнала с выбранной частотой дискретизации $F_{\partial 1}$.
2. Определите связь между спектрами аналогового и дискретного сигналов. Постройте графики амплитудного и фазового спектров, вычисленного по спектру аналогового сигнала.
3. Определите спектр дискретного сигнала с помощью ДВПФ от цифрового сигнала.
4. Повторите п.п.1-3 для значения частоты дискретизации $F_{\partial 2}$.
5. Проанализируйте полученные сигналы и спектры, сравните их и сделайте выводы.

Часть III. 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 $F_{\partial 2}$.
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 сигналу.

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 два восстанавливающих ФНЧ первого порядка. Для этого определите аналитические выражения для ИХ и ЧХ ФНЧ для двух разных граничных частот $F_{cp1} \approx F_{\delta 2}/2$ и $F_{cp2} < F_{\delta 2}/2$ ($F_{cp2} \sim 1/3 \cdot F_{\delta}/2$). Постройте графики ИХ, АЧХ, ФЧХ.
6. * Определите с помощью свёртки и постройте сигналы на выходе каждого восстанавливающего фильтра. Определите соответствующие им спектры. Вычислите среднеквадратическую ошибку каждого из восстановленных сигналов по отношению к заданному аналоговому сигналу.
7. Проанализируйте полученные сигналы и спектры, сравните их между собой и с исходным одиночным аналоговым сигналом, сделайте выводы.

Часть IV. Дискретизация периодических аналоговых сигналов

1. Определите выражение и постройте график периодического цифрового сигнала, полученного в результате дискретизации периодического аналогового сигнала с выбранной частотой дискретизации $F_{\delta 1}$.
2. * Определите связь между спектрами аналогового и дискретного сигналов. Постройте графики амплитудного и фазового спектров по известному спектру периодического сигнала.
3. Определите спектр дискретного сигнала с помощью ДПФ от цифрового сигнала.
4. * Восстановите сигнал с помощью ОДПФ по его спектру, полученному в п. 2.
5. Повторите п.п. 1-4 для другого значения частоты дискретизации $F_{\delta 2}$.
6. Проанализируйте полученные сигналы и спектры, сравните их и сделайте выводы.

Часть V. Восстановление периодических аналоговых сигналов по дискретным сигналам

1. Определите и постройте сигнал с частотой дискретизации $F_{\delta 2}$ на выходе идеального восстанавливающего фильтра, полученный во временной области: циклической (круговой) свёрткой дискретного сигнала с ИХ ВФ. Вычислите среднеквадратическую ошибку восстановленного периодического сигнала по отношению к заданному периодическому аналоговому сигналу.
2. * Определите выражение и постройте график спектр на выходе восстанавливающего фильтра, полученный в частотной области произведением спектра дискретного периодического сигнала и ЧХ ВФ.
3. * Восстановите с помощью ряда Фурье сигнал по его спектру, полученному в п. 3. Сравните с сигналом, найденным в п. 2.
4. Проанализируйте полученные сигналы и спектры, сравните их и сделайте выводы.

Часть VI. Синтез цифровых фильтров

Для заданного аналогового фильтра синтезируйте два цифровых фильтра с использованием двух различных методов пересчёта. Исходный аналоговый фильтр может быть задан:

1. Диаграммой нулей и полюсов (ДНП).
2. Графиком желаемой идеальной частотной характеристики (ЧХ).

Вариант 1 (ДНП).

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 частоты дискретизации F_{d2} определите импульсную характеристику цифрового фильтра, отсчеты которой совпадают со значениями импульсной характеристики аналогового фильтра в дискретные моменты времени nT_{d2} .
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:

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

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

Вариант 2 (ЧХ).

1. По заданной желаемой частотной характеристике аналогового фильтра определите аналитическое выражение и постройте график импульсной характеристики аналогового фильтра.
2. Проведите синтез цифрового фильтра методом ИИХ (инвариантной импульсной характеристики). Для этого для частоты дискретизации F_{d2} определите импульсную характеристику цифрового фильтра, отсчеты которой совпадают со значениями импульсных характеристик аналоговых фильтров в дискретные моменты времени nT_{d2} . По импульсной характеристике цифрового фильтра найдите и постройте частотную характеристику с помощью ДВПФ, также найдите все остальные возможные характеристики цифрового фильтра.
3. Сопоставьте временные и частотные характеристики аналогового и каждого из цифровых фильтров. Сравните соответствующие характеристики двух цифровых фильтров между собой. Сделайте выводы.

Часть VII. Фильтрация одиночного дискретного сигнала

1. Определите и постройте одиночные цифровые сигналы и их спектры на выходе синтезированных цифровых фильтров (ч. VI) во временной области (с помощью линейной дискретной свертки) и в частотной области.
2. * Восстановите и постройте одиночные аналоговые сигналы и их спектры на выходе синтезированных цифровых фильтров с помощью идеальных ФНЧ.
3. * Определите и постройте импульсный аналоговый сигнал на выходе заданного аналогового фильтра.
4. Опишите качественное преобразование сигнала в цифровых фильтрах. Проанализируйте полученные дискретные и аналоговые сигналы, сравните их между собой и с одиночным аналоговым сигналом на выходе заданного аналогового фильтра.

Часть VIII. Фильтрация периодического дискретного сигнала

1. Определите и постройте периодические цифровые сигналы и их спектры на выходах синтезированных цифровых фильтров (ч. VI) во временной области (с помощью круговой дискретной свертки) и в частотной области.
2. * Восстановите и постройте периодические аналоговые сигналы и их спектры на выходе синтезированных цифровых фильтров с помощью идеальных ФНЧ.
3. * Определите и постройте периодический аналоговый сигнал на выходе заданного аналогового фильтра.
4. Проанализируйте полученные периодические дискретные и аналоговые сигналы, сравните их между собой и с периодическим аналоговым сигналом на выходе заданного аналогового фильтра.