

УДК 621.316

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФИЛЬТРОВ НА БЛОКАХ «РЕГИСТР ЗАДЕРЖКИ»

Мильный А.Г.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Румянцев В.Ю.

Цифровой фильтр (ЦФ) – в электронике любой фильтр, обрабатывающий цифровой сигнал с целью выделения и/или подавления определённых частот этого сигнала.

Реакцией цифрового фильтра на входное воздействие является передаточная функция (ПФ) и может быть в общем виде описана разностным уравнением как $y(nT) = f(x(nT))$.

Первым этапом идёт анализом фильтра, т. е. составление его математической модели и выработка требуемой передаточной функции.

Проектирование цифрового фильтра включает в себя четыре основных этапа:

- аппроксимацию;
- реализацию;
- изучение ошибок арифметического устройства;
- выполнение.

На этапе аппроксимации определяется передаточная функция, удовлетворяющая ряду конкретных требований, предъявляемых к амплитудной, фазовой и переходной характеристикам фильтра.

Реализация является процессом преобразования передаточной функции в схему фильтра. При аппроксимации и реализации предполагается, что используемые арифметические устройства обладают неограниченной точностью. Однако из-за ограниченной точности реальных устройств возникает необходимость изучения влияния ошибок таких устройств на характеристики фильтра.

Цифровой фильтр может быть реализован на аппаратном и программном уровнях. При аппаратной реализации используются исключительно три вида основных блоков: сумматор, умножитель и регистр задержки. Построение цифрового фильтра может быть осуществлено в результате выполнения следующих процедур:

- выбора соответствующей структуры фильтра;
- выбора типа арифметического устройства фильтра с фиксированной или плавающей запятой;
- использования конкретной системы представления чисел, например, в прямом или дополнительном коде;
- выбора последовательного или параллельного способа обработки;
- выбора элементной базы.

В работе рассмотрены основные способы построения ЦФ:

- по методу Джексона – Кайзера – Макдональда;
- по методу Пелэу – Лиу;
- по методу Монкевича – Стиннаарта.

При программной реализации используются ЭВМ и различные математические средства или программные комплексы. Для построения цифрового фильтра с целью использования его в цепях релейной защиты может быть использована программа VisSim. Она имеет библиотечный блок «передаточная функция», который позволяет на основе расчетов во временном домене реализовать цифровые фильтры. Данный блок очень удобен и для его использования всего лишь необходимо выполнить переход от разностного уравнения к дискретной передаточной функции. Однако при его использовании может возникнуть проблема. Известно, что ЭВМ могут быть разной разрядности и могут не иметь операций с плавающей точкой, поэтому возможно затруднение – не каждую дискретную передаточную функцию, можно физически реализовать по тем внутренним блок-схемам, которые заложены в блок «передаточная функция». Это связано с тем, что переход от изображения Лапласа к Z-изображению описывается свертыванием правой полуплоскости «устойчивых» корней в несравнимо малую окружность единичного радиуса, т. е. точность позиционирования корней

должна быть эквивалентно выше, а возможность осуществить это сокращена благодаря ограниченности разрядности ЭВМ. Однако одна и та же дискретная передаточная функция может быть реализована с помощью нескольких альтернативных блок-схем. Они характеризуются разной плотностью сетки возможных положений корней в областях единичной окружности при заданной дискретности значений коэффициентов передаточной функции. Следует помнить, что, используя определенные блок-схемы можно избавиться от необходимости выполнения операций с комплексными числами. Для этого необходимо использовать встроенный блок «регистр задержки».

Также для построения цифровых фильтров любой сложности может использоваться программный комплекс MatLab Simulink. Данный комплекс способен с лёгкостью произвести все необходимые этапы реализации фильтра, включая построение конечной схемы, подходящей для использования в конечном оборудовании, будь то микропроцессор или программируемая интегральная логическая схема (ПЛИС).

В работе рассмотрено построение полосового КИХ-фильтра второй гармоники, который может применяться в устройствах релейной защиты.

Литература

1. Антонью, А. Цифровые фильтры: анализ и проектирование / А. Антонью / Под ред. С.А. Поньрко. – М. : Радио и связь, 1983. – 320 с.
2. Реализация цифровых фильтров в микропроцессорных устройствах релейной защиты / Ю.В. Румянцев [и др.] // Энергетика. Изв. высш. учеб. Заведений и энерг. объединений СНГ. – 2016. – Т. 59. – № 5. – С. 397–417.
3. Оппенгейм, Э. Цифровая обработка сигналов / Э. Оппенгейм, Р. Шафер / Под ред. С.Я. Шаца. – М. : Связь, 1979. – 416 с.